

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Josip Brajković

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Darko Smoljan, dipl. ing.

Student:

Josip Brajković

Zagreb, 2018.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru doc. dr.sc. Darku Smoljanu na pruženoj pomoći i strpljenju ukazanoj tokom pisanja ovog rada.

Josip Brajković



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student:

Josip Brajković

Mat. br.: 0035194696

Naslov rada na
hrvatskom jeziku:

Projekt grijanja, hlađenja i ventilacije obiteljske kuće s otvorenim bazenom

Naslov rada na
engleskom jeziku:

Design of heating and ventilation system for a family house with open pool

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati sustav grijanja i hlađenja za potrebe obiteljske kuće smještene na području grada Šibenika, površine 355 m² na 2 etaže (Pr+1K), prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Za kuću predvidjeti sustav podnog i zidnog grijanja i hlađenja. Instalacija niskotemperaturnog grijanja koristi se s temperaturnim režimom tople vode 35/30°C. Instalacija hlađenja koristi se s temperaturnim režimom rashladne vode 16/19°C. Predvidjeti sustav prisilne ventilacije s varijabilnim protokom zraka ovisno o koncentraciji ugljičnog dioksida i povratom topline iz istrošenog zraka prema ventilacijskom zahtjevu. Kao izvor topline za grijanje i hlađenje predvidjeti dizalicu topline tlo-voda. Potrebno je riješiti pripremu potrošne tople vode u izvedbi akumulacijskog sustava sa solarnim panelima, pri čemu će se zagrijavanje vode otvorenog bazena riješiti viškom topline solarnog sustava kada je taj višak raspoloživ.

Na raspolaganju su energetske izvori:

- elektro-priključak 220/380V; 50Hz
- vodovodni priključak tlaka 5 bar

Rad treba sadržavati:

- pregled sustava grijanja i hlađenja obiteljskih kuća s osnovnim shemama,
- toplinsku bilancu za zimsko i ljetno razdoblje,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja sustava,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. studenog 2017.

Rok predaje rada:

- 1. rok: 23. veljače 2018.
- 2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2018.
- 3. rok: 21. rujna 2018.

Predviđeni datumi obrane:

- 1. rok: 26.2. - 2.3. 2018.
- 2. rok (izvanredni): 2.7. 2018.
- 3. rok: 24.9. - 28.9. 2018.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Darko Smoljan

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS OZNAKA	V
SAŽETAK.....	VII
1. SUSTAVI GRIJANJA I HLAĐENJA OBITELJSKIH KUĆA	1
1.1. Toplinska ugodnost	1
1.2. Sustavi grijanja i hlađenja	2
1.3. Panelno grijanje i hlađenje	4
1.4. Sustavi s dizalicama topline	5
1.5. Ventilacijski sustavi	7
2. TOPLINSKA BILANCA	9
2.1. Toplinskog opterećenje za grijanje	9
2.2. Toplinsko opterećenje za hlađenje	11
3. DIMENZIONIRANJE OGRJEVNIH I RASHLADNIH TIJELA	13
3.1. Podno grijanje	13
3.2. Podno hlađenje	15
3.3. Zidno hlađenje i grijanje	15
3.4. Razdjelnici kruga grijanja i hlađenja	16
4. DIMENZIONIRANJE DIZALICE TOPLINE.....	17
5. ODABIR I DIMENZIONIRANJE OSTALE OPREME.....	21
5.1. Odabir međuspremnik "buffera"	21
5.2. Dimenzioniranje cijevnog razvoda primarnog kruga dizalice topline	22
5.3. Dimenzioniranje cijevnog razvoda sekundarnog kruga dizalice topline	22
5.4. Dimenzioniranje cijevi glavnog razvoda i odabir cirkulacijske pumpe.....	23
5.5. Dimenzioniranje membranske ekspanzijske posude primarnog kruga.....	25
5.6. Dimenzioniranje membranske ekspanzijske posude ogrjevnog vode.....	26
5.7. Dimenzioniranje akumulacijskog spremnika PTV-a	27
6. SOLARNI SUSTAV	29
6.1. Općenito	29
6.2. Solarni kolektori.....	30
6.3. Dimenzioniranje solarnih kolektora	31
6.4. Dimenzioniranje cijevnog razvoda solarnog kruga i odabir cirkulacijske pumpe.....	34
6.5. Dimenzioniranje membranske ekspanzijske posude solarnog kruga.....	35
7. DIMENZIONIRANJE ZRAČNOG SUSTAVA	37
7.1. Ventilacijski zahtjev.....	37
7.2. Dimenzioniranje ventilacijskih kanala.....	38
8. REGULACIJA.....	41
9. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA	43
10. ZAKLJUČAK.....	44

LITERATURA.....	45
PRILOZI.....	46

POPIS SLIKA

Slika 1.1 Ovisnost PPD o PMV indeksu	1
Slika 1.2 Kogeneracijsko postrojenje EL-TO u Zagrebu, primjer daljinskog grijanja	2
Slika 1.3 Centralni sustav grijanja.....	3
Slika 1.4 Izvedba panelnih grijača	4
Slika 1.5 Izvedbe kolektora dizalica topline	6
Slika 1.6 Helix sonde	6
Slika 1.7 Centralni ventilacijski sustav	7
Slika 1.8 Okrugli ventilacijski kanali	8
Slika 2.1 Temperaturna raspodjela klimatske zone 4 za 23. srpanj	12
Slika 3.1 Serpentina petlja	13
Slika 3.2 Sustav rešetkaste podloge	13
Slika 3.3 Dijagram snage	14
Slika 3.4 Zidno grijanje/hlađenje mokrim sustavom	15
Slika 3.5 Minorca E električni cijevni grijač.....	16
Slika 3.6 Razdjelnik HKV-D	16
Slika 4.1 Ovisnost COP-a o temperaturama primarnog i sekundarnog kruga	18
Slika 4.2 Ovisnost ogrjevnog učina o temperaturama primarnog i sekundarnog kruga	18
Slika 4.3 Helix sonde	19
Slika 4.4 Vitocal 242-G.....	19
Slika 4.5 Razdjelnik primarnog kruga Click	20
Slika 5.1 Vitocell 100-E	21
Slika 5.2 Pojednostavljeni izometrijski prikaz kritične dionice	23
Slika 5.3 Prikaz radne točke cirkulacijske pumpe.....	24
Slika 5.4 ALPHA 15-55F.....	24
Slika 5.5 Membranska posuda N18.....	26
Slika 6.1 Solarni sustav kao potpora grijanju i a zagrijavanje PTV	29
Slika 6.2 Kolektor s integriranim spremnikom (ICS)	30
Slika 6.3 Pločasti kolektor.....	30
Slika 6.4 Isporučena (narančasto) i potrebna (plavo) energija za zagrijavanje PTV-a	33
Slika 6.5 Prikaz za površinu kolektora 9.28 m ²	33
Slika 6.6 Vitosol 200-FM.....	34
Slika 6.7 Radna karakteristika UP 15-42F	35
Slika 6.8 "Grundfos" UP 15-42F	35
Slika 6.9 Membranska ekspanzijska posuda S12.....	36
Slika 7.1 Vitavent 300-F	38
Slika 7.2 Usisna rešetka USAV i isturjni otvor KNI.....	39
Slika 7.3 Rotirajući dimnjak WD-Turbo i Usisni otvor KW	39
Slika 7.4 Pojednostavljeni izometrijski prikaz kritične dionice ventilacije	39
Slika 8.1 Karakteristike grijanja i hlađenja Vitronic 200	41
Slika 8.2 Regulator Rehau Basic (lijevo), osjetnik temperature i vlažnosti (sredina) i prolazni ventil Rehau DV (desno)	42

POPIS TABLICA

Tablica 2.1 Unutarnje projektne temperature.....	9
Tablica 2.2 Koeficijenti prolaza topline	9
Tablica 2.3 Broj izmjena zraka	10
Tablica 2.4 Toplinski gubici po sobama	10
Tablica 2.5 Projektno toplinsko opterećenje (23. srpanj).....	11
Tablica 4.1 Tehničke specifikacije Vitocal 242-G	17
Tablica 4.2 Odavanje topline tla po jednoj Helix spirali.....	18
Tablica 5.1 Tehničke specifikacije Vitocell 100-E	21
Tablica 5.2 Dimenzioniranje cijevi primarnog kruga	22
Tablica 5.3 Dimenzioniranje cijevi sekundarnog kruga.....	22
Tablica 5.4 Dimenzioniranje glavnog cijevnog razvoda.....	23
Tablica 5.5 Volumen glikolne smjese	25
Tablica 5.6 Volumen vode u instalaciji.....	26
Tablica 6.1 Tehničke specifikacije Vitosol 200-FM	31
Tablica 6.2 Proračun isporučene sunčeve energije za zagrijavanje PTV-a.....	32
Tablica 6.3 Dimenzioniranje cijevnog razvoda solarnog kruga.....	34
Tablica 6.4 Volumen smjese u instalaciji.....	36
Tablica 7.1 Potreba količina dobavnog zraka	37
Tablica 7.2 Tehničke specifikacije Vitovent 300-F	38
Tablica 7.3 Dimenzioniranje ventilacijskih kanala	40

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
\dot{V}_o	[m ³ /h]	volumni protok dobavnog zraka
\dot{m}_{con}	[μg/h]	ukupna emisija zagađivača
C_i	[μg/m ³]	koncentracija zagađivača u prostoru
C_o	[μg/m ³]	koncentracija zagađivača u vanjskom zraku
Φ_{HL}	[W]	toplinsko opterećenje prostorije
Φ_T	[W]	transmisijski gubici prostorije
Φ_V	[W]	ventilacijski gubici prostorije
Φ_{RH}	[W]	dodatak zbog nekontinuiranog pogona grijanja
N	[-]	potreban broj spirala
Φ_i	[W]	učin isparivača dizalice topline
Φ_{Helix}	[W]	odavanje topline tla po jednoj "Helix" spirali
$V_{n,min}$	[l]	minimalni potrebni volumen ekspanzijske posude
V_e	[l]	volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode od 10°C do maksimalne temperature polaznog voda
V_A	[l]	volumen vode u instalaciji
V_v	[l]	volumen zalihe
p_e	[bar]	projektni krajnji tlak
p_o	[bar]	primarni tlak ekspanzijske posude
n	[-]	postotak širenja
Φ	[W]	potreban toplinski tok za zagrijavanje PTV-a
V_w	[l]	volumen najvećeg trošila
ρ_w	[kg/m ³]	gustoća vode
c_w	[kJ/kgK]	specifični toplinski kapacitet vode
θ_{HW}	[°C]	temperatura tople vode
θ_{CW}	[°C]	temperatura hladne vode
n_T	[-]	broj trošila
φ	[-]	faktor istovremenosti
Φ_{DT}	[W]	potreban kapacitet dizalice topline
Z_a	[h]	vrijeme zagrijavanja
Z_b	[h]	vrijeme potrošnje

Q_{spr}	[kWh]	toplinska energija u spremniku
V_{spr}	[l]	minimalni potrebni volumen spremnika
Q_W	[kWh/dan]	dnevna količina topline potrebna za zagrijavanje PTV-a
θ_S	[°C]	temperatura tople vode u spremniku
n_{os}	[-]	broj osoba u kućanstvu
V	[l/osoba dan]	dnevna potrošnja vode po glavi
$Q_{W,sol,us,m}$	[kWh]	mjesečno toplinsko opterećenje sunčevog sustava koje se odnosi na zagrijavanje PTV-a

SAŽETAK

U ovom radu daje se idejno rješenje cjelogodišnjeg sustava grijanja, hlađenja i ventilacijske obiteljske kuće smještene u okolici grada Šibenika. Kako je kuća planirana kao niskoenergetska, kao rješenje će se razmotriti dizalica topline sa tлом kao toplinskim spremnikom. Kao ogrjevn i rashladni medij se koristi voda koja radi u niskotemperaturnom režimu 35/30°C u vrijeme grijanja, dok se režim 16/19°C koristi za hlađenje. Zbog niskotemperaturnog režima rada za ogrjevna i rashladna tijela koristi se panelni sustav grijanja i hlađenja. Za proračune toplinskog opterećenja zimi i ljeti koriste se norme HRN EN 12831 te VDI 2078.

Zbog lokacije na kojoj se kuća nalazi predviđen je i solarni sustav kao potpora za zagrijavanje potrošne tople vode.

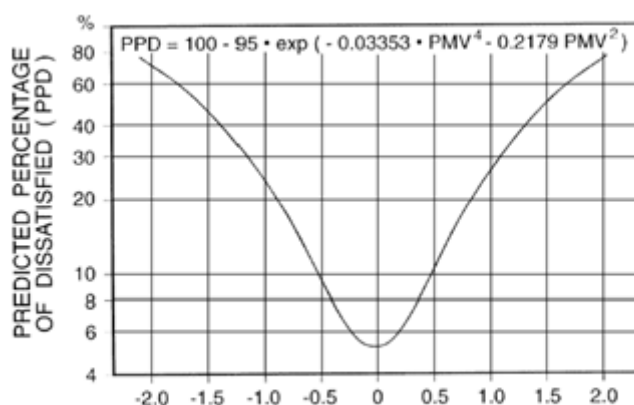
Također je predviđen i sustav mehaničke ventilacije. Mehanička ventilacija, iako rijetka pojava u obiteljskim kućama na našim prostorima, ima velik značaj, pogotovo zbog toga što je kuća izvedena kao niskoenergetska.

1. SUSTAVI GRIJANJA I HLAĐENJA OBITELJSKIH KUĆA

1.1. Toplinska ugodnost

Prema standardu ISO 7730 toplinska ugodnost je stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša. Kako je ugodnost stanje svijesti pojedinca nužno je individualan osjećaj i zadatak je sustava grijanja, klimatizacije i ventilacije upravo održavati toplinske parametre prostorije stalnim i u dozvoljenim granicama.

Dva su glavna indeksa koja vrednuju toplinsku ugodnost PMV (eng. Predicted Mean Vote), koji predviđa subjektivno ocjenjivanje ugodnosti u prostoriji, te PPD (eng. Predicted Percentage of Dissatisfied), koji predviđa postotak nezadovoljnih jedinki stanjem okoliša. PMV poprima vrijednosti između -3 (jako hladno) i +3 (jako vruće), a zadovoljavajući raspon je -0.5 do 0.5. PPD je funkcija PMV-a te je bitno da je manji od 10% što se upravo postiže kada je PMV u zadovoljavajućem rasponu.



Slika 1.1 Ovisnost PPD o PMV indeksu

Osnovni faktori koji utječu na stanje toplinske ugodnosti u prostoriji:

- Temperatura zraka u prostoriji
- Temperatura ploha prostorije
- Relativna vlažnost zraka u prostoriji
- Brzina strujanja zraka u prostoriji
- Razina odjevenosti
- Razina fizičke aktivnosti
- Ostali faktori (kvaliteta zraka, buka, namjena...)

Zajedničkim djelovanjem ovih faktora postizemo željeno stanje ugodnosti u prostoriji. Promijeni li se jedan od njih ugodnost se postiže prilagodbom ostalih faktora.

1.2. Sustavi grijanja i hlađenja

Osnovne podjele sustava grijanja su prema izvedbi i prema ogrjevnom mediju.

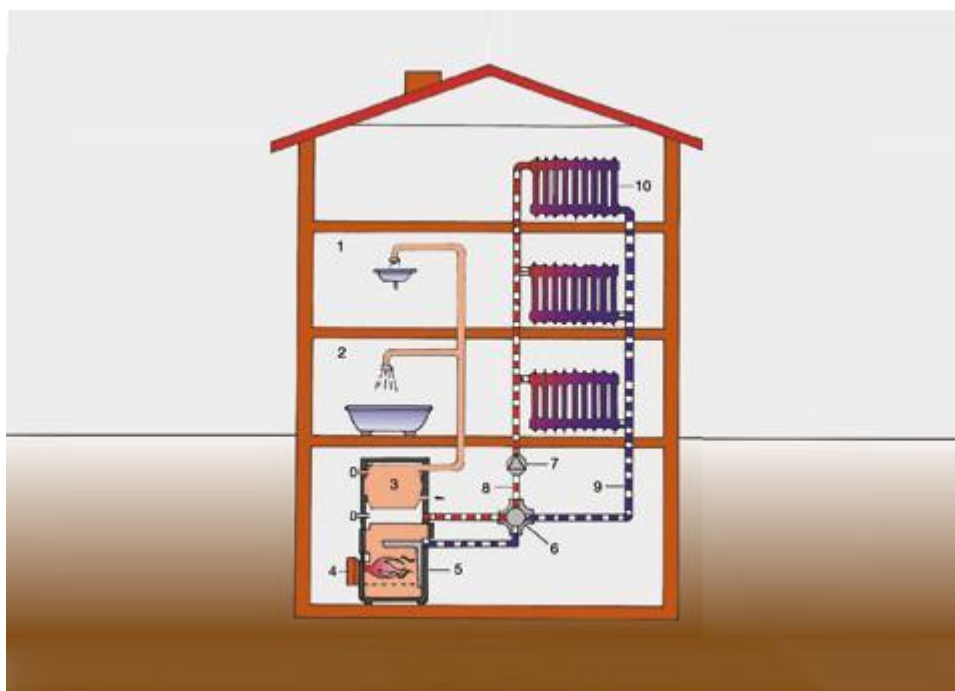
Prema izvedbi:

- Pojedinačni grijači
- Centralno grijanje
- Daljinsko grijanje
- Sustavi posebne izvedbe

Kod pojedinačnih grijača izvor topline se nalazi u prostoriji koju grijemo, a reprezentativni primjer su peći i kamini. Centralno grijanje znači proizvodnju toplinske energije na jednom izvoru za cijelu zgradu. Osnovne značajke centralnih sustava su mogućnost jednolike temperaturne razdiobe u prostoru, manji broj kotlova (izvora topline), baratanje s gorivom van grijanog prostora, ali također znači veću investiciju od pojedinačnih grijača, te toplinske gubitke cijevnog razvoda. Centralno grijanje koje bi opskrbljivalo toplinom više zgrada je daljinsko grijanje. Njegove karakteristike su uklanjanje loženja u zgradama, jer se toplina proizvodi u većim postrojenjima gdje je loženje pod stalnim nadzorom stručnog osoblja, lakša je kontrola emisije te imamo povećanje iskoristivog prostora u zgradi. Često se izvode kao kogeneracijska postrojenja čime se bitno poboljšava efikasnost. Obnovljivi izvori energije su sustavi posebne izvedbe. Dobivaju na važnosti zbog ekoloških razloga, ali svejedno zahtijevaju veliku investiciju pa nisu baš čest slučaj.



Slika 1.2 Kogeneracijsko postrojenje EL-TO u Zagrebu, primjer daljinskog grijanja



Slika 1.3 Centralni sustav grijanja

Prema ogrjevnom mediju:

- Toplozračni sustav
- Zračno-vodeni sustav
- Toplovodni sustav
- Vrelvodni sustav
- Parni sustav

Toplozračni sustavi za grijanje obiteljskih kuća su u Europi izrazito rijetki, dijelom zbog velikih investicijskih troškova i dijelom zbog opće robusnosti zračnih sustava. Kod takvih sustava kondicionirani zrak se koristi za nadoknađivanje toplinskih gubitaka zgrade. Ideja zračno-vodnih sustava je da vodom pokrijemo toplinske gubitke, a zračnim sustavom reguliramo vlažnost i dovodimo svjež zrak po ventilacijskom zahtjevu. Toplovodni sustavi su najčešći sustavi u Europi jer voda ima značajno bolja transportna svojstva od zraka, jednostavno se upravlja te su pouzdani i dugotrajni. Vrelvodni sustavi nalaze svoju primjenu kod daljinskih sustava grijanja dok su parni sustav danas izrazito rijetki.

Slična je podjela sustava hlađenja pa tako imamo:

- Zračni sustavi
- Zračno-vodeni sustavi
- Vodeni sustavi
- Sustavi s radnom tvari

U sklopu ovog rada obiteljska kuća će koristiti zračno-vodni sustav, sa dizalicom topline kao izvorom/ponorom topline, gdje će ogrjevna/rashladna voda pokrivati odgovarajuća toplinska opterećenja zimi i ljeti, dok će kompaktna ventilacijska jedinica dovoditi vanjski zrak prema ventilacijskom zahtjevu na koncentraciju CO₂.

1.3. Panelno grijanje i hlađenje

Ogrjevna tijela i rashladni uređaji imaju zadatak da pokriju toplinske gubitke odnosno dobitke u prostorijama u kojima se nalaze. Ogrjevni odnosno rashladni učin im se predaje cijevnim, ili zračnim, razvodom od izvora/ponora topline. Kada se govori o ogrjevnim tijelima tu spadaju radijatori, cijevni grijači, konvektori i panelni grijači, dok kod rashladnih uređaja imamo ventilokovektore, split rashladne uređaje itd.

Panelni, odnosno površinski grijači su izrazito interesantan oblik ogrjevnih tijela. Dominantan način prijenosa topline nije konvektivan kao kod ostalih tijela nego se većina topline (oko 70%) prenosi zračenjem. Ovaj sustav ima najbolju razdiobu temperature po visini prostora te nam osigurava visok stupanj ugodnosti u prostoriji. Osim toga nema vidljivih ogrjevnih tijela zbog toga što se cijevne petlje provlače kroz pod ili zid, a kako se toplina prenosi većinom zračenjem s ploha omogućeno nam je da koristimo niže temperaturne režime vode, što je energetski efikasnije. Problem je velik sadržaj vode u sustavu, skup popravak te velika tromost sustava, no kako se u ovom radu radi o niskoenergetskoj kući sustav površinskog grijanja i hlađenja je najlogičniji. Također je zgodno kod ovakvih sustava to što se isti paneli mogu koristiti i za hlađenje, samo je razlika da će hladna voda strujati kroz cijevi.



Slika 1.4 Izvedba panelnih grijača

Kod proračuna površinskog grijanja bitan je parametar temperatura plohe. ISO 7730 definira maksimalne dopuštene vrijednosti temperatura ploha.

Maksimalne dopuštene vrijednosti:

- 27°C – prostorije za duži boravak
- 29°C – prostorije za kraći boravak
- 35°C – rubne zone

Iako je možda najvažnija prednost da se iste cijevi mogu koristiti za grijanje i hlađenje, temperaturna razdioba i toplinska ugodnost neće biti zadovoljena u režimu hlađenja samo sa podnim petljama. Zbog toga će se cijevne petlje morati provući i u zid.

1.4. Sustavi s dizalicama topline

Općenito, kada govorimo o sustavima grijanja i hlađenja, toplinski izvori i ponori imaju ulogu da pokriju toplinske gubitke i dobitke zgrade. Konvencionalni sustavi grijanja kao izvore topline koriste kotlove na kruta, tekuća ili plinska goriva, dok kod hlađenja se najčešće govori o rashladnicima vode koji funkcioniraju na principu standardnog ljevokretnog procesa.

Dizalice topline također obavljaju ljevokretni proces, pri čemu se u režimu grijanja topline kondenzacije koristi za zagrijavanje ogrjevnice vode, a topline na isparivaču se u ovom radu uzima od tla, dok se kao toplinski spremnici još mogu koristiti zrak ili voda. U režimu hlađenja proces se prekreće te se sada topline kondenzacije predaje tlu, a rashladna se voda hladi na isparivaču. Kao primarni energent dizalica topline koristi se električna energija koja pokreće kompresor. Upravo je kompresor taj posrednik koji toplinu sa niže energetske razine, koja se uzima na isparivaču, "diže" na energetski višu razinu koja se onda predaje preko kondenzatora.

Sustavi s dizalicama topline su izrazito pogodni za niskotemperaturne režime grijanja jer će tada raditi sa najvećim efikasnostima. Zato se u ovom radu kombinira podno grijanje u režimu 35/30°C sa dizalicom kao izvorom.

Odabrana dizalica topline će koristiti tlo kao toplinski spremnik. Dizalice na zrak imaju problem što se najveće potrebe za grijanjem pojavljuju, naravno, kada su najniže vanjske temperature što znači da će nam efikasnost procesa biti manja od očekivane. Nadalje u hladnim zimskim danima može doći do pojave zaleđivanja isparivača čime ćemo dio vremena i energije morati potrošiti na njegovo odleđivanje. Tlo kao toplinski spremnik ima značajno bolja svojstva nego zrak. Zemlja ima stabilne temperature tokom godine koje se kreću od 5°C do 14°C, s tim da je toplija od zraka zimi, a hladnija ljeti. Voda kao izvor/ponor topline također ima odlična svojstva no kao problem se javlja dostupnost.



Slika 1.5 Izvedbe kolektora dizalica topline

Dizalice topline s tлом kao toplinskim spremnikom imaju nekoliko osnovnih izvedbi izmjenjivača u tlu, tzv. kolektora. Vodoravna izvedba zahtjeva manju investiciju jer su građevinski manje zahtjevni, a time i jeftiniji. Cijevne petlje se ukopavaju na dubinu od 1.2 do 1.8 m. Vertikalna izvedba je dosta zahtjevnija budući da su bušotine često dublje i od 100 m, no ipak prostor koji zauzimaju je značajno manji u odnosu na vodoravne.

Izvedba kolektora u tlu korištena u ovom radu je rješenje tvrtke "Rehau", a pokušava iskoristiti prednosti obje prijašnje izvedbe. "Helix" sonde su cijevi savijene u spiralu te se ukopavaju na dubinu 4 metra čime se smanjila ukupna potrebna površina zemlje za građevinski rad, a također se ne kopa na toliku dubinu kao kod vertikalnih bušotina.



Slika 1.6 Helix sonda

1.5. Ventilacijski sustavi

Kod zračno-vodenih sustava ogrjevna/rashladna tijela su zadužena za pokrivanje toplinskih opterećenja dok se dobava vanjskog svježeg zraka vrši preko ventilacijske jedinice. Vanjski zrak je izrazito bitno ubacivati u prostoriju za disanje ljudi, no također je važno za razrjeđivanje koncentracije zagađivača te za uspostavljanje željene razdiobe zraka i upravo to nam omogućava ventilacija. Dok se kod ventilacije to radi namjerno, infiltracija nam predstavlja neželjeno strujanje zraka u prostoriju te je ta dva pojma bitno razlikovati. Ventilacija može biti mehanička ili prirodna, a kako se u ovom radu koristi mehanički sustav njega ćemo pobliže opisati.

Mehanička se ventilacija ostvaruje pomoću rada ventilatora koji nam savladava padove tlaka u ventilacijskim kanalima. Karakteriziraju je relativno visoki troškovi, značajna potrošnja energije te naravno buka rada ventilatora, no ipak ima dobru regulabilnost te velik asortiman opreme koji se nudi. Važnost pravilne ventilacije u prosječnim i manje zahtjevnim stambenim prostorima ipak nije jednaka kao kod niskoenergetskih i pasivnih kuća. Kuća u ovom radu koristi visokokvalitetne prozore i vrata čime se posebna važnost pridodaje pravilnom ubacivanju zadovoljavajuće količine vanjskog svježeg zraka zbog prethodno navedenih razloga.

Postoji više podjela ventilacijskih sustava. Najosnovnija je ona na tlačnu i odsisnu ventilaciju, a druga je dijeli na centralnu i decentraliziranu. Tlačna ventilacija je takva da je u prostoru kojeg ventiliramo tlak veći od vanjskoga, dok je kod odsisne manji. Karakteristični prostori za odsis su kupaonice i kuhinje, a za tlačnu su uredi, učionice sobe za boravak itd. Kod centralne ventilacije imamo jednu centralnu jedinicu koja priprema zrak za sve prostorije.



Slika 1.7 Centralni ventilacijski sustav

Količina vanjskog zraka kojeg je potrebno dobiti u prostoriju ovisi o namjeni prostorije, jesu li ljudi prisutni u prostoriji i koliko ih je, kakav se tehnološki proces odvija i drugo. Za određivanje potrebne količine se koriste ventilacijski zahtjevi. Primarni zahtjev bi bio ventilacijski zahtjev prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača. Glavni indikator onečišćenja za stambene prostore je CO₂ dok se u različitim uvjetima mogu pojaviti i drugi. Količina se računa prema izrazu:

$$\dot{V}_o = \frac{\dot{m}_{con}}{C_i - C_o} \quad [m^3/h]$$

\dot{m}_{con} – ukupna emisija zagađivača, [$\mu g/h$]

C_i – koncentracija zagađivača u prostoru, [$\mu g/m^3$]

C_o – koncentracija zagađivača u vanjskom zraku, [$\mu g/m^3$]

Ventilacijski zahtjev prema broju osoba daje ventilacijski minimum za dobavu po jednoj osobi od 8 l/s, dok se ventilacijski zahtjev prema broju izmjena zraka koristi kao kontrolni proračun i računa se kao umnožak preporučenog broja izmjena i volumena prostora.

Dobavni zrak se do prostorija dovodi pomoću ventilacijskih kanala. Kako je gustoća zraka jako mala, veličina kanala će biti značajno veća u odnosu na cijevi vode te će stoga zauzimati više prostora. Proračun dimenzioniranja je sličan onome za vodu, no ipak ovdje će se raditi o značajno manjim padovima tlaka. Kanalski razvod može biti pravokutnog presjeka, okruglog te ovalnog. Pravokutni kanali su češći, koriste se za komfornu primjenu i niskobrzinske sustave te ih je lakše smjestiti u prostoru, ali ih karakterizira veće propuštanje. Budući da se okrugli kanali koriste za većinom visokobrzinske sustave zauzimati će manju površinu te imaju znatno manja propuštanja zraka.



Slika 1.8 Okrugli ventilacijski kanali

2. TOPLINSKA BILANCA

2.1. Toplinskog opterećenje za grijanje

Prvi korak u projektiranju sustava grijanja je proračun maksimalnog toplinskog opterećenja, a sama ogrjevnja tijela dimenzioniraju prema opterećenju prostorije u kojoj se nalaze. Proračun se radi sa stacionarno stanje vanjskog okoliša i prostorije. Pri proračunu se zanemaruju svi dodatni izvori topline koji bi se mogli nalaziti u njoj jer nam sustav grijanja mora ostvariti i održati unutarnju projektnu temperaturu u najgorim mogućim uvjetima. Unutarnja projektna temperatura ovisi o namjeni prostorije dok je vanjska projektna temperatura, za grad Šibenik, -6°C . proračun se radi prema normi HRN EN 12831.

Prostorija	Unutarnja projektna temperatura, $^{\circ}\text{C}$
Kupaonica	24
Garaža	15
Ostalo	20

Tablica 2.1 Unutarnje projektne temperature

Dva su tipa gubitaka u normi. Transmisijski gubici su prolaz topline kroz sve površine prostorije, vanjske i unutarnje zidove, tlo, krov, prozore, vrata. Izmijenjena toplina najviše ovisi o koeficijentu prolaza topline U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]. U tablici su dane vrijednosti koeficijenata za plohe kuće u ovom radu.

Površina	Oznaka	U , $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
Vanjski zid	Z1	0.29
Unutarnji zid	Z2	0.28
Pregradni zid	Z3	1.01
Međukatna konstrukcija	M	1.10
Pod prema tlu	P	0.44
Krov	Kr	0.27
Prozor	Pr	0.85
Vrata	Vr	0.85

Tablica 2.2 Koeficijenti prolaza topline

Pri proračunu toplinskih gubitaka bitno je uzeti u obzir utjecaj toplinskih mostova. Toplinski most je područje pojačanog intenziteta izmjene topline uzrokovano geometrijom gradnje ili nehomogenosti materijala gradnje. Kuća koja se koristi u radu je izvedena kao niskoenergetska te su toplinski mostovi izvedeni u skladu sa hrvatskom normom koja sadrži katalog dobrih rješenja, ali nisu navedeni u arhitektonskim podlogama. Zbog toga su se U vrijednosti površina povećale za $0.05 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ kako preporučuje u "Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje".

Ventilacijski gubici su oni koji su potrebni za zagrijavanje hladnog vanjskog zraka koji ulazi u prostor infiltracijom. Broj izmjena zraka za prostorije se uzima prema higijenskom minimumu.

Prostorija	Broj izmjena [1/h]
Kupaonica	1.5
Ostale	0.5

Tablica 2.3 Broj izmjena zraka

Toplinsko opterećenje se u normi računa po formuli:

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$$

gdje su:

Φ_{HL} – toplinsko opterećenje prostorije, [W]

Φ_T – transmisijski gubici prostorije, [W]

Φ_V – ventilacijski gubici prostorije, [W]

Φ_{RH} – dodatak zbog nekontinuiranog pogona grijanja, [W]

Zadnji pribrojnik nam predstavlja dodatak na kapacitet kako bi smo, nakon prekida grijanja, unutarnju projektnu temperaturu mogli ponovo postići u prihvatljivom vremenskom periodu. Rezultati proračuna toplinskog opterećenja su dani u sljedećoj tablici.

Prostorija	Φ_{HL} , W	Φ_{HL} po m ² , W/m ²
Garaža	711.06	34.69
Spavaća soba (Pr)	488.6	43.24
Kupaonica (Pr)	321.14	84.52
Hodnik (Pr)	20.39	7.85
Dnevni boravak (Pr)	1589.49	26.54
Hodnik (K)	430	8.91
Kupaonica (K istok)	327.83	100.77
Spavaća soba (K istok)	565.6	43.18
Spavaća soba (K jug)	388.05	34.65
Spavaća soba (K zapad)	497.88	43.68
Kupaonica (K zapad)	399.52	110.98

Tablica 2.4 Toplinsko opterećenja po sobama

Sam proračun i njegovi rezultati su dani u Prilogu 1., a proveden je pomoću programa "Microsoft Excel".

2.2. Toplinsko opterećenje za hlađenje

Kako se proračun toplinskog opterećenja za grijanje se koristi za dimenzioniranje ogrjevnih tijela prostorije tako se isto toplinsko opterećenje za hlađenje koristi za dimenzioniranje rashladnih tijela i pripadajućeg rashladnika. Ipak proračun toplinskog opterećenja za hlađenje bitno je različit od onoga za grijanje. Analogno grijanju i ovdje tražimo sve moguće izvore topline koji se mogu pojaviti u prostoriji, no najbitnija razlika je upravo u toplini koja se predaje prostoriji zračenjem. Naime, izmjena topline zračenjem se ne vrši preko materijalnih čestica već putem elektromagnetskih valova što znači da se neće prenijeti na zrak u prostoriji odmah nego sa određenim vremenskim pomakom. Zato je izrazito važan efekt toplinskog spremnika jer će se ta toplina zračenja prenijeti i akumulirati u praktički svim površinama i stvarima u prostoriji te će postepeno konvektivno predavati zraku onda kada se zagriju na temperaturu veću od one zraka u prostoriji. Zbog toga svega se solarni dobici ne uračunavaju direktno u toplinsko opterećenje i time vidimo da je proračun koji je potrebno provesti nestacionaran.

Primjećujemo da postoji razlika između pojma toplinskog opterećenja i toplinskih dobitaka. Toplinsko opterećenje je količina topline koja se mora odvoditi od prostorije da bi se zadržala unutarnja projektna temperatura dok su dobici topline koja ulazi u prostor iz vanjskih ili unutarnjih izvora pa tako razlikujemo unutarnje i vanjske dobitke topline. Vanjski su oni od sunca kroz ostakljenja, dobici kroz vanjske ovojnice zgrade, infiltracija toplog vanjskog zraka, a unutarnji su dobici rasvjete, ljudi, opreme itd.

Sam izvor rashladne energije se odabire prema projektnom opterećenju zgrade koje se određuje tako da se za svaki vremenski korak zbroji trenutno rashladno opterećenje svih prostorija ili toplinskih zona. Inače da se zbroje vršna opterećenja za sve prostorije imali bi višestruko prekapacitiran izvor.

Proračun se izvodi u programu IntegraCAD koji toplinsko opterećenje računa prema smjernici njemačkog saveza inženjera VDI 2078, a kompletni rezultati su dani u Prilogu 2.

Prostorija	Φ_{CL} , W	Φ_{CL} po m ² , W/m ²
Garaža	428	20.88
Spavaća soba (Pr)	253	22.34
Kupaonica (Pr)	123	32.37
Hodnik (Pr)	20	7.69
Dnevni boravak (Pr)	868	14.49
Hodnik (K)	172	3.57
Kupaonica (K istok)	164	44.32
Spavaća soba (K istok)	431	32.9
Spavaća soba (K jug)	380	33.93
Spavaća soba (K zapad)	415	36.4
Kupaonica (K zapad)	187	51.94

Tablica 2.5 Projektno toplinsko opterećenje (23. srpanj)

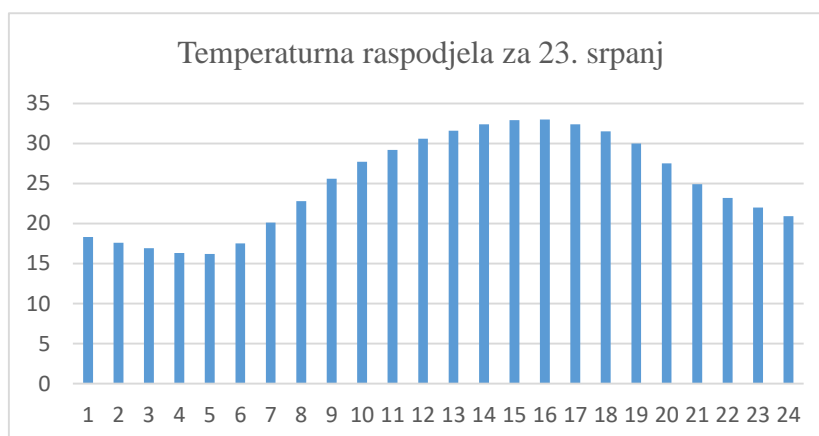
2.3. VDI 2078

Smjernica VDI 2078 kalkulaciju toplinskog opterećenja radi za projektni dan, a to znači da će se za sva 24 sata računati toplinsko opterećenje. Prvi korak u proračunu jest određivanje klimatske zone. Norma koristi četiri klimatske zone koje se nalaze na području Njemačke, a u njih su uključene temperatura zraka u svakom satu te sunčevo i nebesko (difuzno) zračenje. U samom programu IntegraCAD vrijednosti insolacije nam nisu vidljive, nego samo temperaturna raspodjela. Promatrani period u kojem se može pojaviti projektno toplinsko opterećenje su mjeseci lipanj, srpanj, kolovoz i rujna te karakteristični dani 21. lipnja, 23. srpnja, 24. kolovoza i 21. rujna za koje se može odabrati modul oblačnog ili vedrog vremena koji nam praktički diktira solarne dobitke. U obzir se uzima također i masivnost zgrade, orijentacijski je to masa svedena na jedinicu površine poda.

Tako su definirane varijable u proračunu koje su fiksne za određeni slučaj. Bitno je za naglasiti da program IntegraCAD pretpostavlja da je i temperatura zraka u prostoriji fiksna vrijednost, no nova norma ipak uzima u obzir dodatno i moguće promjene unutarnje temperature, te se za razliku od starijih verzija takav proračun može izvršiti samo uporabom računala.

Nadalje, osim solarnih dobitaka smjernica definira i neke karakteristične unutarnje dobitke koje se mogu pojaviti u prostoriji koju hladimo. Tako su definirani dobici od ljudi, rasvjete, strojeva i opreme, površine (solarni dobici) i ventilacije.

Kako je prije navedeno, toplinsko opterećenje raste sa vremenom pa se tako za svaki pojedini dobitak definira svojevršno vrijeme rada te se na temelju toga određuje toplinsko opterećenje za svaki pojedini trenutak. Tu će se javiti određena greška pri računu a obiteljske kuće budući da su nam zadana karakteristična vremena koja ne opisuju najbolje radne uvjete. Na primjer u ovom radu je uzeto vrijeme rada rasvjete za dnevni boravak od 8 do 20 sati iako se to sigurno gotovo sigurno neće dogoditi na vrućem i sunčanom ljetnom danu. Dobici ventilacije su zanimljiv dio proračuna budući da su u noćnom dijelu projektnog dana negativni, što znači da ćemo time moći ostvariti hlađenje vodenim sustavom i djelomično ventilacijom. Dobici površina su oni koji nam prikazuju utjecaj toplinskog spremnika te se sunčevo zračenje s vremenskom odgodom prelazi na unutarnji zrak prostorije. Vezano za solarne dobitke najdominantniji su upravo oni kroz ostakljene površine te je izrazito bitno postaviti odgovarajuće zasjenjenje. Na kući je u arhitektonskoj podlozi predviđeno zasjenjenje pomoću grilja, ali u normi taj oblik nije predviđen stoga se koristio korekcijski faktor a vanjske žaluzine čime su svejedno značajno sniženi dobici, dok će u realnosti možda i značajnije biti sniženi.



Slika 2.1 Temperaturna raspodjela klimatske zone 4 za 23. srpanj

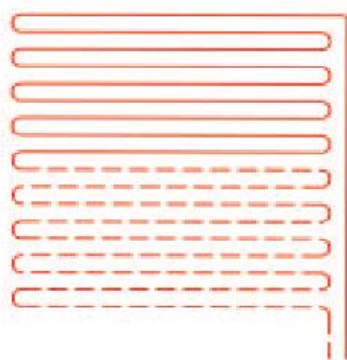
3. DIMENZIONIRANJE OGRJEVNIH I RASHLADNIH TIJELA

3.1. Podno grijanje

Kao ogrjevna tijela u ovom radu odabrani su paneli grijači, točnije podni grijači. Cijevne petlje podnog grijanja postavljene su u sve prostorije izuzev garaže i kupaoonica koje su izostavljene zbog problema sa hidrauličkim balansiranjem. Naime, kupaoonice su prostorije koje imaju velike gubitke topline po m^2 površine poda te višestruko prelaze iskustvenu preporuku od 45 W/m^2 za podno grijanje. U kupaoonice se zato stavljaju električni grijači za pokrivanje gubitaka. U garažu nisu postavljene podne petlje nego zidne zbog opreme i automobila koji će u njoj biti. Ostale prostorije koriste podne petlje sa režimom ogrjevnog vode $35/30^\circ\text{C}$ pritom ne prelazeći granične temperature poda prema normi EN 1284

- 27°C – prostorije za duži boravak
- 29°C – prostorije za kraći boravak
- 35°C – rubne zone

Proračun je izveden u programu IntegraCAD koji sadrži sustave i izvedbe raznih proizvođača, a u ovom radu je izabran "sustav rešetkaste podloge" tvrtke "Rehau". Izvedba podnog grijanja je mokra i serpentina, što znači da će se cementni estrih debljine 50 mm izliti po cijevnim petljama. Korištene cijevi Rautherm Pe-X su također proizvod tvrtke "Rehau". Krajnji pad tlaka se ograničava na 22 kPa, a duljina cijevne petlje na 120m

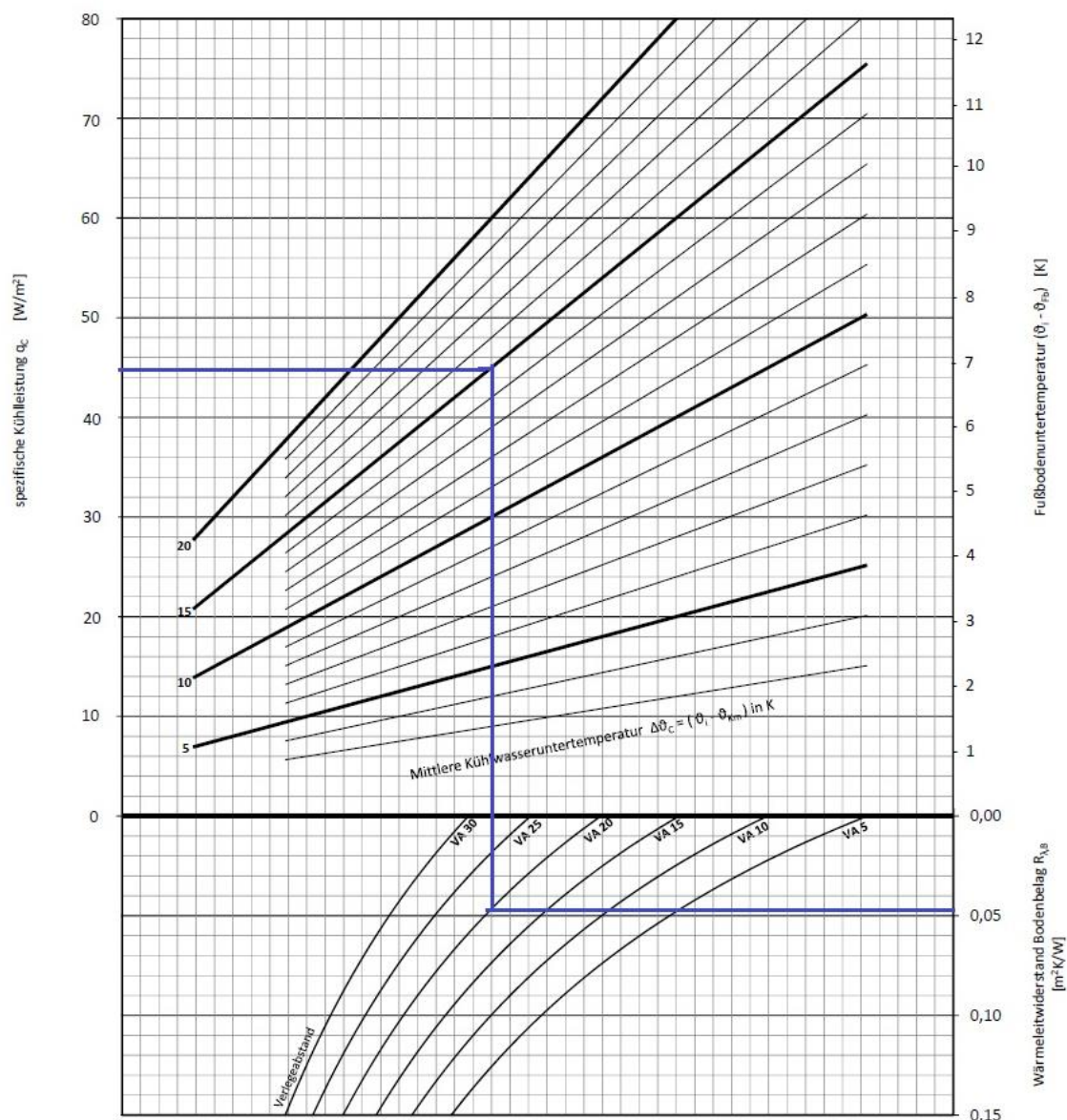


Slika 3.1 Serpentina petlja

Zbog toplinskih naprezanja, kod panelnih sustava, za veće površine (iznad 40 m^2) potrebno je staviti dilatacijske trake. U ovom radu to će biti potrebno samo u dnevnom boravku gdje se stavljaju dvije petlje, ostale prostorije će biti opremljene sa jednom.



Slika 3.2 Sustav rešetkaste podloge



Slika 3.3 Dijagram snage

Na slici je dan dijagram snage cijevi Rautherm Pe-X promjera 17 mm te se odnosi istočnu spavaću sobu na katu. Pri proračunu podnog grijanja u programu IntegraCAD se daju suhoparne brojke koje se upravo opravdavaju na ovom dijagramu. U donjem dijelu dijagrama se prvo označava toplinski otpor podloge, te se vuče horizontalna linija do željenog razmaka između cijevi. Nakon toga idemo u gornji dio te se u njemu obilježava horizontala koja označava toplinske gubitke prostorije po kvadratu površine. Povlačeći vertikalnu liniju iz točke dobivene u donjem dijelu dijagrama definiramo sjecište sa linijom toplinskih gubitaka te očitavamo pripadajuću nadtemperaturu. Nadtemperatura označava razliku između temperature polaza ogrjevnice vode i temperature u prostoriji. Vidimo da ona iznosi 15 K, što nam sa određenom temperaturom prostorije od $20^{\circ}C$ daje temperaturu polaza ogrjevnice vode $35^{\circ}C$ i time vidimo da nam odabrani sustav odgovara onom odabranom u programu.

3.2. Podno hlađenje

U ovom radu iskorištena je velika prednost panelnih sustava, a to je da će se iste cijevi koje se koriste za grijanje koristiti u režimu hlađenja. Bitno je za naglasiti da rashladni učinak koje će nam dati cijevne petlje u nekim prostorijama neće biti dovoljan za pokrivanje toplinskog opterećenja te će se zato u režimu hlađenja koristiti i zidne petlje.

Proračun je također za isti sustav proveden u programu IntegraCAD te su rezultati dani u Prilogu.

3.3. Zidno hlađenje i grijanje

Kuća u ovom radu se nalazi u široj okolici grada Šibenika, što znači vruća ljeta i blage zime. Vruća ljeta znače veća toplinska opterećenja kojega često, pa tako i u ovom slučaju, petlje podnog hlađenja neće moći same pokriti. Zato se u neke prostorije ugrađuju i zidne petlje da bi se pokrilo najveće toplinsko opterećenje. Sam sustav je malo drugačiji od podnog, ali se opet koristi rješenje proizvođača "Rehau", zidno grijanje i hlađenje u mokroj izvedbi te će cijevi biti u dodiru sa žbukom. Proračun je kao i prije proveden u programu IntegraCAD.



Slika 3.4 Zidno grijanje/hlađenje mokrim sustavom

Zidne petlje u spavaćim sobama na katu će raditi samo u režimu hlađenja, jer se toplinski gubici zimi pokrivaju bez poteškoća sa podnim petljama. Za razliku od spavaćih soba, garaža se grije pomoću zidne petlje doduše na nižu temperaturu kako je navedeno prije.

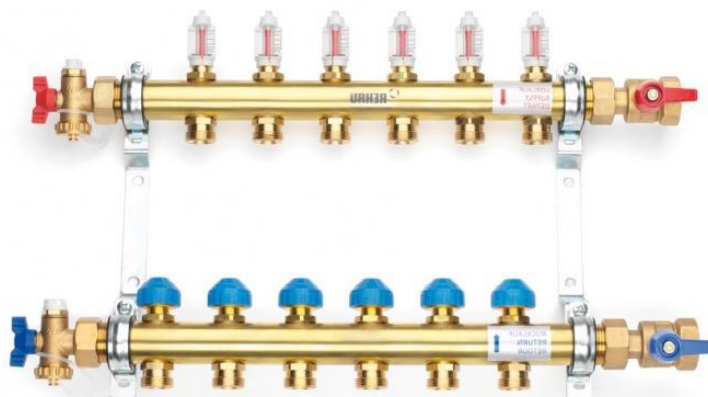
Kupaonice, kako je prije navedeno, imaju velike gubitke po kvadratu površine te se dovelo u pitanje korištenje podnih petlji. Drugi problem se dogodio u samom proračunu pro pokušaju ugradnje zidnih ili podnih petlji u same kupaonice. Naime ugradnja petlji u kupaone uzrokovala je hidraulički disbalans svih ostalih petlji i program nije mogao pronaći optimalno rješenje sustava. Zbog toga se toplinski gubici u kupaonicama pokrivaju sa električnim cijevnim grijačima Minorca E proizvođača "Radson" učina 500 W. Vidimo da kupaonice neće biti hladene, a ni u slučaju da smo mogli postaviti cijevne petlje ne bi se hladile zbog problema sa kondenzacijom vlage na hladnim površinama.



Slika 3.5 Minorca E električni cijevni grijač

3.4. Razdjelnici kruga grijanja i hlađenja

Cijevne petlje ogrjevnih/rashladnih tijela se spajaju na razdjelnik koji osigurava odgovarajući protok u svakoj petlji, a balansiranje protoka se vrši pomoću ventila na njima. Odabrani su razdjelnici kruga grijanja HKV-D proizvođača "Rehau" koje nam daje program IntegraCAD. Ovi razdjelnici u sebi imaju ugrađen mjerач protoka u povratni vod što nije pretjerano potrebno u ovom radu budući da se radi o obiteljskoj kući to jest jednom potrošaču. Razdjelnik se stavlja u razvodni ormar koji se montira u zid.



Slika 3.6 Razdjelnik HKV-D

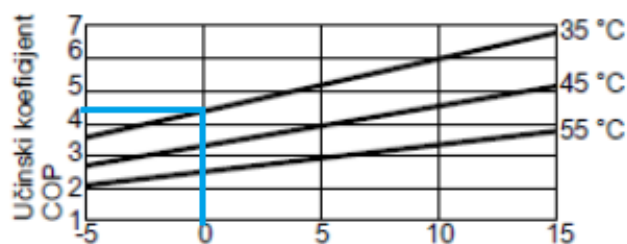
4. DIMENZIONIRANJE DIZALICE TOPLINE

Kao izvor topline u ovom radu je odabrana dizalica topline. Dizalica se odabire prema instaliranom toplinskom učinku površinskih grijača u prostorijama. Zbrajanjem po prostorijama dobiva se vrijednost od 6.08 kW te se na temelju toga odabire dizalica topline proizvođača "Viessmann" Vitocal 242-G tip BWT.M 241.A08 koja koristi tlo kao toplinski spremnik. Jasno je da će se dizalica morati predimenzionirati zbog toga što imamo određene gubitke u cijevnom razvodu te zbog nesavršenosti u radu automatike. Također je bitno naglasiti i da je rashladni učin dizalice dovoljan a pokrivanje projektnog toplinskog opterećenja. Tehničke specifikacije su dane u tablici.

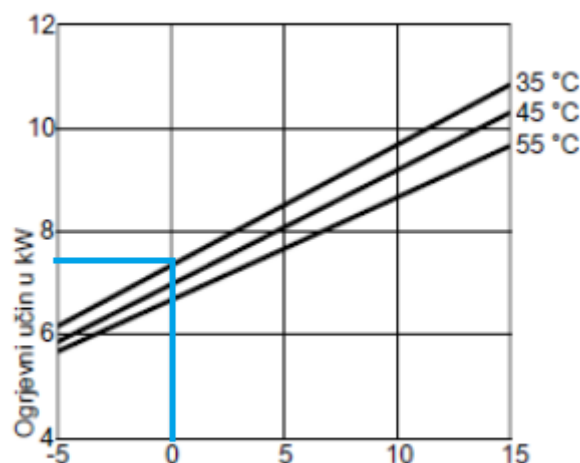
Veličina	Vrijednost	Jedinica
Ogrjevni učin	7.8	kW
Rashladni učin	6.0	kW
Električna primijenjena snaga	1.86	kW
COP (B0/W35)	4.2	-
Volumen glikolne smjese u DT	3.1	l
Minimalni volumni protok pri $\Delta T=5$ K	1120	l/h
Minimalna temperatura polaza smjese	-5	°C
Maksimalna temperatura polaza smjese	15	°C
Volumen vode u DT	3.5	l
Minimalni volumni protok pri $\Delta T=10$ K	710	l/h
Maksimalna temperatura polaza vode	60	°C
Radni tvar	R410A	-
Punjenje	1.8	kg
Kompresor	Hermetički Scroll	-
Volumen integriranog spremnika	220	l
Maksimalna površina solarnog kolektora (jug)	5	m ²
Trajni učin pri zagrijavanju vode od 10 do 60 °C	275	l/h
Maksimalna dozvoljena temperatura vode	95	°C
Volumen vode u solarnom izmjenjivaču	7.2	l
Duljina	680	mm
Širina	600	mm
Visina	2075	mm

Tablica 4.1 Tehničke specifikacije Vitocal 242-G

Sva potrebna oprema i regulacija dolaze u paketu sa ovom dizalicom. Također ima integrirane pumpe primarnog (glikolna smjesa) i sekundarnog (ogrjevna/rashladna voda) kruga za koje su zadani krajnji padovi tlaka te će se odgovarajući padovi tlaka cijevnih razvoda dimenzionirati da ne prelaze zadanu vrijednost. Također u sebi ima integriran akumulacijski spremnik volumen 220 l za potrošnu toplu vodu koji ima solarni izmjenjivač za zagrijavanje pomoću vode sa solarnih kolektora.



Slika 4.1 Ovisnost COP-a o temperaturama primarnog i sekundarnog kruga



Slika 4.2 Ovisnost ogrjevnog učina o temperaturama primarnog i sekundarnog kruga

Kolektori u tlu se izrade u obliku cijevnih spirala "Helix", a dimenzioniraju se prema iskustvenoj preporuci proizvođača "Rehau" koji potrebne vrijednosti za proračun daje u tehničkoj dokumentaciji.

$$N = \frac{\Phi_i}{\Phi_{Helix}} = \frac{6000}{500} = 12$$

Φ_i – učin isparivača dizalice topline, [W]

Φ_{Helix} – odavanje topline tla po jednoj "Helix" spirali, [W]

N – potreban broj spirala

Učin po jednoj spirali je vrijednost koja ovisi o tipu tla, a "Rehau" u svom katalogu daje vrijednosti za neke karakteristične tipove tla.

Tip tla	Φ_{Helix}	Jedinica
Pijesak (suhi)	100-200	W/Helix
Pijesak (vlažni)	300-500	W/Helix
Ilovača (suha)	200-400	W/Helix
Ilovača (vlažna)	400-650	W/Helix
Glina	250-350	W/Helix
Pjeskovita glina	500-700	W/Helix

Tablica 4.2 Odavanje topline tla po jednoj Helix spirali

**Slika 4.3 Helix sonda****Slika 4.4 Vitocal 242-G**

Cijevni spirale imaju ukupnu visinu 3 metra pri montaži, a kako se prethodno kopa kanal dubine 1.2 m u koji će biti postavljene ukupna potreba dubina je 4.2 metra. Korištene cijevi su Raugeo PE-X promjera 25 mm te se spajaju na razdjelnik Click koji se skupa sa razdjelnom komorom ukopava u kanal.



Slika 4.5 Razdjelnik primarnog kruga Click

5. ODABIR I DIMENZIONIRANJE OSTALE OPREME

5.1. Odabir međuspremnika "buffera"

Akumulacijski spremnik je odabran prema uputama iz literature. Koriste se radi poboljšavanja pogonskih uvjeta, odnosno smanjenja čestih paljenja dizalice, pokrivanja vršnih opterećenja, te osiguranja opskrbe toplinskom energijom kada je dizalica vanka pogona. Volumen se određuje iskustveno, a preporučuje se 20-30 l/kW toplinskog učina dizalice topline.

Potreban volumen spremnika prema iskustvenim smjernicama je 180 l pa je odabran je spremnik proizvođača "Viessmann" Vitocell 100-E volumena 200 l.

Veličina	Vrijednost	Jedinica
Volumen	200	l
Duljina	581	mm
Širina	640	mm
Visina	1409	mm

Tablica 5.1 Tehničke specifikacije Vitocell 100-E



Slika 5.1 Vitocell 100-E

5.2. Dimenzioniranje cijevnog razvoda primarnog kruga dizalice topline

Cijevni razvod primarnog kruga se sastoji od cijevi kolektorskog polja te cijevi koje spajaju dizalicu topline sa razdjelnikom. U njima struji 20%-tna smjesa etilen glikola i vode, kako bi se spriječilo zamrzavanje vode pri niskim vanjskim temperaturama, ali korištenje etilen glikola utječe na svojstva vode tako da će padovi tlaka biti veći. Svojstva smjese etilen glikola i vode su određena pomoću programa "Refrigeration utilities", dok je sam proračun proveden u "Microsoft Excelu".

Dionica	Duljina	Toplina	Protok	Nazivni promjer	Unutarnji promjer	Brzina	R	R*L	$\Sigma\zeta$	Z	R*L+Z
-	m	W	kg/s	DN	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	4.94	6217	0.33	DN50	50	0.16	11.5	56.65	5	64	120.65
							Pad tlaka kritične spirale				23250
							Pad tlaka u dizalici topline				25000
							Pad tlaka u razdjelniku				8000
							Ukupno				56370.65

Tablica 5.2 Dimenzioniranje cijevi primarnog kruga

Pad tlaka kritične spirale, te onaj u razdjelniku i dizalici topline se određuje u tehničkoj dokumentaciji kod nam daje proizvođač. Ukupni pad tlaka na strani primarnog kruga iznosi 56370.65 Pa, dok nam integrirana pumpa primarnog kruga ima krajnji pad tlaka od 64000 Pa što znači da ta pumpa zadovoljava zahtjeve.

5.3. Dimenzioniranje cijevnog razvoda sekundarnog kruga dizalice topline

Sekundarni krug podrazumijeva krug ogrjevnice vode koji se sastoji od jedne dionice koja ide od dizalice topline do međuspremnik. U razvodu struji voda te se pogoni sa integriranom pumpom u dizalici koja opet ima krajnji propisani pad tlaka koji se daje u tehničkoj dokumentaciji dizalice topline. Osim toga se iz tehničke dokumentacije dobiva informacija o padu tlaka u dizalici topline na strani sekundarnog kruga.

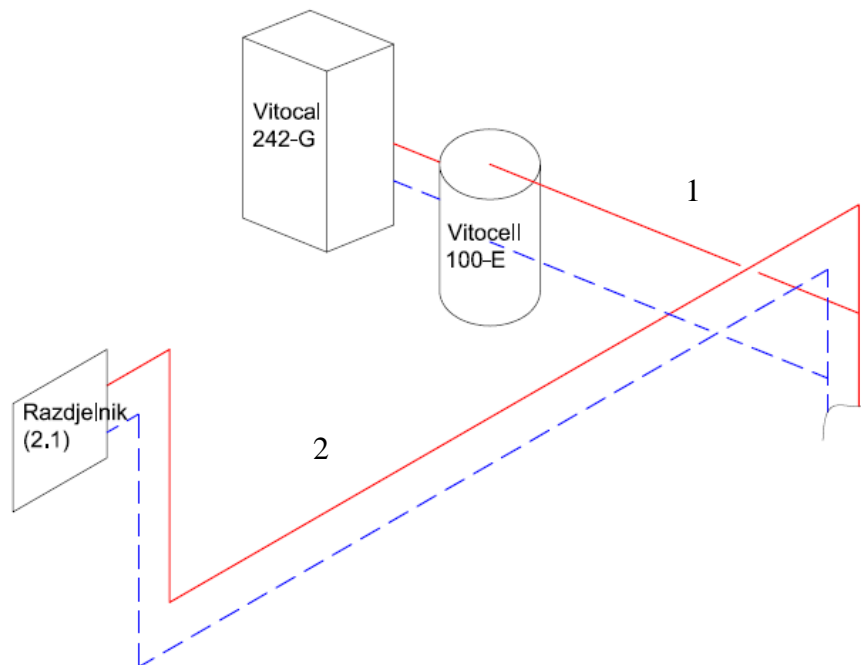
Dionica	Duljina	Toplina	Protok	Nazivni promjer	Unutarnji promjer	Brzina	R	R*L	$\Sigma\zeta$	Z	R*L+Z
-	m	W	kg/s	DN	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	4.56	6217	0.3	DN25	27.2	0.52	158	721.5	3	405.3	1126.8
							Pad tlaka u dizalici topline				14000
							Ukupno				15126.8

Tablica 5.3 Dimenzioniranje cijevi sekundarnog kruga

Propisani pad tlaka pumpe sekundarnog kruga iznosi 58000 Pa čime i ova pumpa zadovoljava zahtjeve.

5.4. Dimenzioniranje cijevi glavnog razvoda i odabir cirkulacijske pumpe

Glavni cijevni razvod u ovom slučaju nije baš velik budući da se radi o obiteljskoj kući, a radi se o razvodu od međuspremnika do razdjelnika i omogućava cirkulaciju vode u svim cijevnim petljama panelnih grijača, a time i distribuciju toplinske energije. Proračun dionica dan je u tablici.

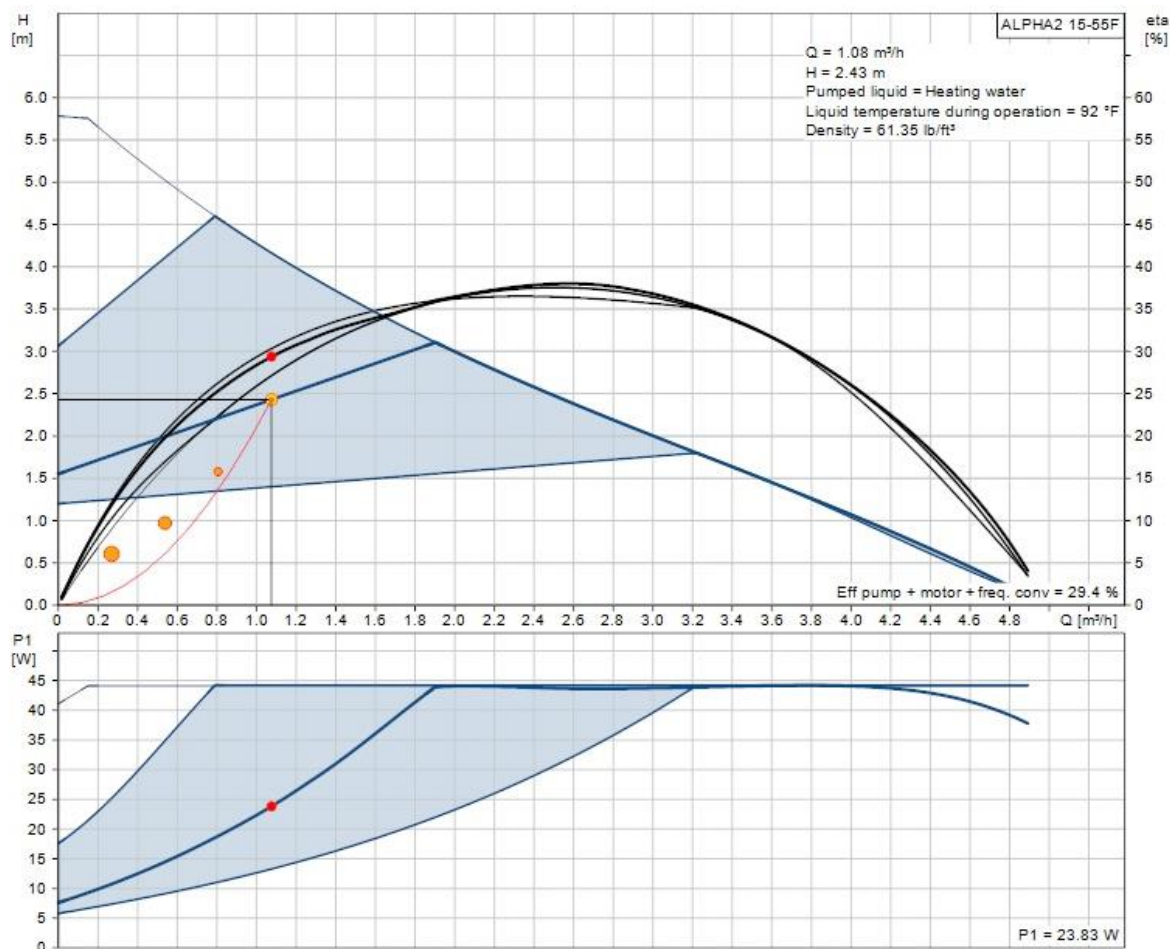


Slika 5.2 Pojednostavljeni izometrijski prikaz kritične dionice

Dionica	Duljina	Toplina	Protok	Nazivni promjer	Unutarnji promjer	Brzina	R	R*L	$\Sigma\zeta$	Z	R*L+Z
-	m	W	kg/s	DN	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	4.94	6217	0.3	DN25	27.2	0.52	158	781.6	5	675.5	1457.1
2	13.18	2641	0.13	DN20	21.25	0.37	118	1560.3	6	410.3	1970.6
							Pad tlaka u razdjelniku				20410
							Ukupno				23837.7

Tablica 5.4 Dimenzioniranje glavnog cijevnog razvoda

Ukupni pad tlaka nam daje informaciju o potrebnoj visini dobave pumpe koja iznosi 2.43 m. Za ovu visinu dobave i protok vode sa web stranica proizvođača pumpi "Grundfos" odabire se pumpa ALPHA 15-55F koristeći aplikaciju proizvođača. Radna karakteristika je dana dijagramom.



Slika 5.3 Prikaz radne točke cirkulacijske pumpe



Slika 5.4 ALPHA 15-55F

5.5. Dimenzioniranje membranske ekspanzijske posude primarnog kruga

Ekspanzijski sustav kod sustava grijanja ima ulogu održavanja radnog tlaka, također kompenzira promjene volumena ogrjevnog medija koje su posljedica promjene temperature te sprječava manjak volumena medija u pogonu. Dvije su moguće izvedbe, a to su otvorena i zatvorena. U ovom slučaju će biti odabrana zatvorena izvedba to jest membranska ekspanzijska posuda. Minimalni potrebni volumen posude se određuje prema formuli:

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \frac{p_e + 1}{p_e - p_0}; [l]$$

$$V_e = \frac{n * V_A}{100}; [l]$$

V_e – volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode od 10°C do maksimalne temperature polaznog voda, [l]

V_A – volumen vode u instalaciji, [l]

V_V – volumen zalihe, uzima 0.5% volumena vode u instalaciji, minimalno 3 l, [l]

p_e – projektni krajnji tlak, iznosi 0.5 bara ispod tlaka sigurnosnog ventila, [bar]

p_0 – primarni tlak ekspanzijske posude, [bar]

n – postotak širenja, ovisi o temperaturi polaza

Tlak sigurnosnog ventila je prva veličina koja se mora odrediti, a kako primarni krug radi na tlaku 2 bara, odabran je tlak sigurnosnog ventila od 3 bara. Drugi potrebni podatak je volumen vode u instalaciji primarnog kruga koji se naravno dobije zbrajanjem volumena smjese u svim komponentama čije su vrijednosti date u tablici.

Element	Volumen, [l]
"Helix" spirale	156
Cijevi i razdjelnik	92
Dizalica topline	3
Ukupno	251

Tablica 5.5 Volumen glikolne smjese

Odabran je njemački proizvođač "Reflex" te se iz dokumentacije odabire primarni tlak ekspanzijske posude od 1.5 bar.

$$V_{n,min} = \left(\frac{n * V_A}{100} + V_V \right) \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = \left(\frac{0.37 * 251}{100} + 3 \right) \frac{2.5 + 1}{2.5 - 1.5}$$

$$V_{n,min} = 13.8 \text{ l}$$

Kako je potrebni volumen 13.8 l odabire se membranska ekspanzijska posuda N18 proizvođača "Reflex" volumena 18 l.



Slika 5.5 Membranska posuda N18

5.6. Dimenzioniranje membranske ekspanzijske posude ogrjevnice vode

Koraci za dimenzioniranje ekspanzijske posude ogrjevnice vode su isti kao za primarni krug. Volumen vode u instalaciji je dan u tablici.

Element	Volumen, [l]
Cijevne petlje	96.6
Cijevni razvod i razdjelnici	9.1
Buffer	200
Dizalica topline	6.4
Ukupno	312.1

Tablica 5.6 Volumen vode u instalaciji

$$V_{n,min} = \left(\frac{n * V_A}{100} + V_V \right) \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = \left(\frac{0.545 * 312.1}{100} + 3 \right) \frac{2.5 + 1}{2.5 - 1.5}$$

$$V_{n,min} = 16.5 \text{ l}$$

Odabrana je također membranska ekspanzijska posuda proizvođača "Reflex" N18 volumena 18 l.

5.7. Dimenzioniranje akumulacijskog spremnika PTV-a

Akumulacijski spremnik je integriran u dizalicu topline, a u ovom poglavlju će se provesti proračun u svrhu provjere hoće li zadovoljiti potrebe za PTV-om.

$$\Phi = V_w * \rho_w * c_w * (\theta_{HW} - \theta_{CW}) * n_T * \varphi; [kW]$$

Gdje je:

Φ – potrebni toplinski tok za zagrijavanje PTV-a, [W]

V_w – volumen najvećeg trošila (tuš 75 l), [l]

ρ_w – gustoća vode, [kg/m³]

c_w – specifični toplinski kapacitet vode, [kJ/kgK]

θ_{HW} – temperatura tople vode, [°C]

θ_{CW} – temperatura hladne vode, [°C]

n_T – broj trošila, [-]

φ – faktor istovremenosti, [-]

$$\Phi = \frac{75}{1000 * 3600} * 1000 * 4.187 * (45 - 10) * 3 * 1$$

$$\Phi = 9.16 \text{ kW}$$

$$\Phi_{DT} = \frac{\Phi * Z_b}{Z_a + Z_b}, [kW]$$

Gdje su:

Φ_{DT} – potrebni kapacitet izvora topline (dizalice topline), [W]

Z_a – vrijeme zagrijavanja, [h]

Z_b – vrijeme potrošnje, [h]

$$\Phi_{DT} = \frac{9.16 * 2}{2 + 2}$$

$$\Phi_{DT} = 4.58 \text{ kW}$$

$$Q_{spr} = \Phi_{DT} * Z_a; [kWh]$$

Gdje je:

Q_{spr} – toplinska energija u spremniku, [kWh]

$$Q_{spr} = 4.58 * 2 = 9.16 \text{ kWh}$$

Minimalni potrebni volumen akumulacijskog spremnika:

$$V_{spr} = \frac{Q_{spr} * b * k}{\rho_W * c_W * (\theta_s - \theta_{CW})}, [l]$$

Gdje su:

b – dodatak zbog mrtvog prostora, [-]

k – dodatak zbog taloženja kamenca, [-]

θ_s – temperatura u spremniku, [°C]

$$V_{spr} = \frac{9.16 * 1000 * 3600 * 1.1 * 1.2}{1000 * 4.187 * (60 - 10)}$$

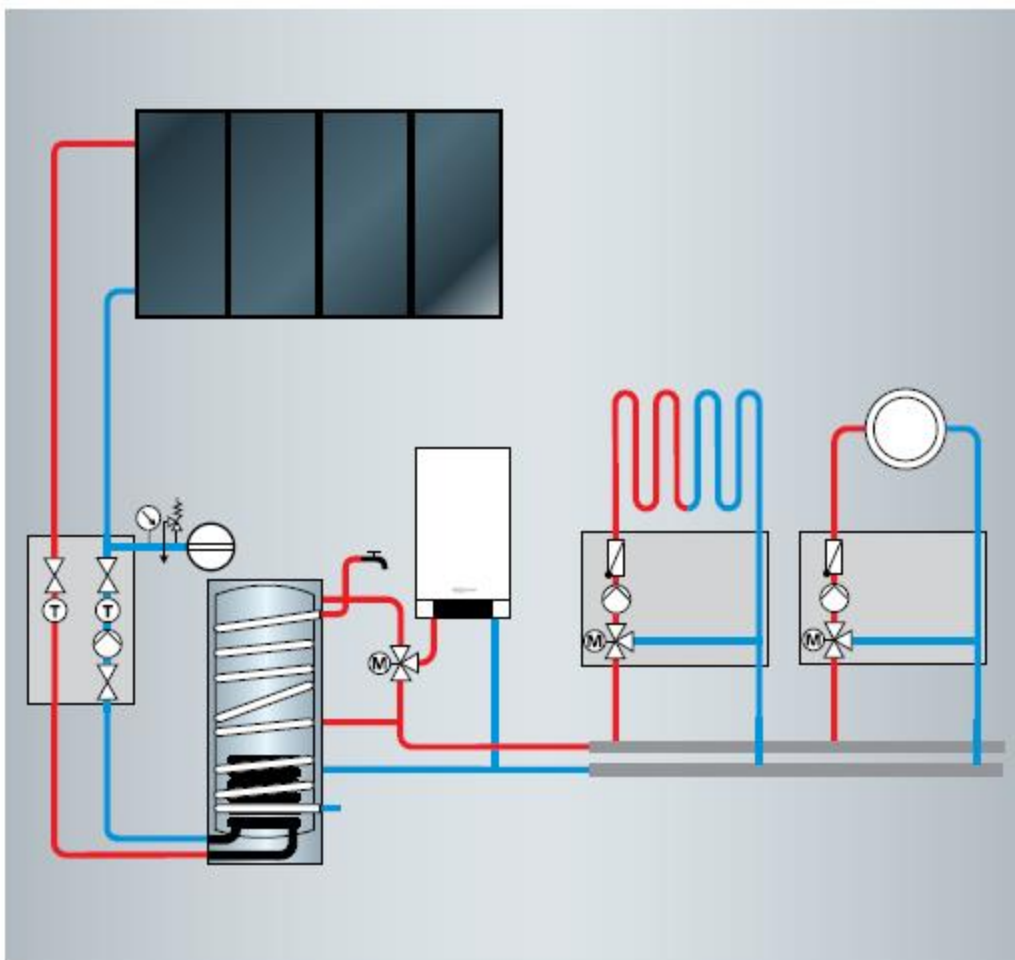
$$V_{spr} = 207.9 \text{ l}$$

Vidimo da je minimalni potrebni volumen spremnika 207.9 l čime se zaključuje da integrirani spremnik od 220 l zadovoljava potrebe za potrošnom toplom vodom.

6. SOLARNI SUSTAV

6.1. Općenito

Sunce je neiscrpan i besplatan izvor energije, ne zagađuje okoliš te ako ga koristimo daje nam uštedu u pogonu jer ne moramo trošiti druge energente. Glavni problemi pri korištenju sunčeve energije je upravo velika raspršenost sunčevog zračenja te naravno neravnomjerna raspoređenost i nepouzdanost. Naime, da se solarna energija koristi kao jedini energent za sustav grijanja, u danima kada bi bilo oblačno ne bi mogli osigurati toplinu potrebnu za grijanje. Nadalje onda kada je najveća potrebna energija za grijanjem, to jest zima, sunčevo zračenje je najmanje. Zbog toga svega solarni sustavi u umjerenim klimama kao što je naša koriste se isključivo kao potpora konvencionalnom sustavu grijanja i za grijanje potrošne tople vode.



Slika 6.1 Solarni sustav kao potpora grijanju i a zagrijavanje PTV

Solarni sustavi se mogu koristiti za grijanje zraka i vode. Najčešći način korištenja je upravo grijanje potrošne tople vode pomoću solarnih kolektora, što će se upravo koristiti i u ovom radu. Druga podjela sustava grijanja vode je na indirektnu i direktnu sustave. U direktnom sustavu voda koja se distribuira na izljevna mjesta ide i na solarne kolektore, dok je indirektni sustav onaj u kojima je krug kolektora odvojen od kruga PTV-a. Indirektni sustavi se koriste ondje gdje postoji opasnost od smrzavanja vode u sustavu pa se kao medij koristi glikolna smjesa. Direktni sustavi će zbog jednog izmjenjivača manje biti efikasniji, ali voda mora zadovoljavati mikrobiološku kvalitetu pitke čiste vode. Indirektni sustav sa smjesom propilen glikola i vode će biti korišten u ovom radu.

6.2. Solarni kolektori

Solarni kolektor je element koji se koristi za prikupljanje toplinske energije Sunca. Nekoliko je osnovnih izvedbi kolektora, a sve ih karakterizira da se premazuju sa visoko apsorberajućim premazima. Tako imamo:

- Pločasti kolektor
- Vakuum cijevni kolektor
- Apsorber za bazene
- Kolektor s integriranim spremnikom

Kako se kuća u ovom radu nalazi na sjevernoj hemisferi planeta, najbolja orijentacija za kolektor je jug, kao ona strana svijeta koja je osunčana tokom cijele godine. Energija koju možemo apsorbirati na kolektoru ovisi o kutu upada sunčevih zraka, pa se tako najviše energije ljeti dobiva kada je kolektor u horizontalnom položaju, a zimi bi dobili da je kolektor vertikalan. Po iskustvenoj preporuci kolektori se postavljaju pod kutom koji dogovara geografskoj širini, time ćemo manje energije dobiti ljeti, ali ćemo dobiti više zimi. Ako se postavlja na kosi krov radi onda će biti pod kutem koji ima sam krov radi jednostavnije montaže.



Slika 6.2 Kolektor s integriranim spremnikom (ICS)



Slika 6.3 Pločasti kolektor

6.3. Dimenzioniranje solarnih kolektora

Dimenzioniranje solarnih kolektora se provodi prema normi HRN EN 15316-4-3. U dokumentaciji dizalice topline daje se najveća dopuštena površina pločastih kolektora koja se može ugraditi te iznosi 5 m², a vakuum-cijevni se ograničavaju na 3 m². Prema toj uputi se odabire pločasti solarni kolektor Vitosol 200-FM proizvođača "Viessmann". Površina apsorbera je 2.32 m², što znači da se mogu postaviti dva kolektora ukupne površine 4.64 m².

Veličina	Vrijednost	Jedinica
Bruto površina	2.51	m ²
Površina apsorbera	2.32	m ²
Duljina	1056	mm
Širina	2038	mm
Visina	91	mm

Tablica 6.1 Tehničke specifikacije Vitosol 200-FM

Proračun je proveden u "Microsoft Excelu" za meteorološke podatke za Šibenik koji su dani u Tehničkom propisu, te ostalim potrebnim podacima definiranim u normi. Kao što je navedeno prije, nagib kolektora je 22°, a orijentacija je jug. Time se želi postići pokrivanje energije potrebne za zagrijavanje potrošne tople vode u svim ljetnim mjesecima, a eventualni višak koji dobivamo ljeti će se usmjeriti na bazenski izmjenjivač za dogrijavanje bazenske vode.

Bitan podatak za proračun je svakako dnevna količina topline potrebne za zagrijavanje PTV-a koja se računa prema podacima iz literature prema formuli:

$$Q_W = \rho_W * c_W * (\theta_S - \theta_{CW}) * n * V, [kWh/dan]$$

Članovi u jednadžbi predstavljaju:

ρ_W – gustoća vode, [kg/m³]

c_W – specifični toplinski kapacitet vode, [kJ/kgK]

θ_S – temperatura tople vode u spremniku, [°C]

θ_{CW} – temperatura hladne vode, [°C]

n – broj osoba u kućanstvu

V – dnevna potrošnja vode po glavi, [l/osoba po danu]

Za točan podatak je potrebno uračunati i gubitke topline koji se, prema preporuci u normi, procjenjuju na oko 10% pa tako potrebna toplina iznosi.

$$Q_W = 1.1 * 1000 * 4.187 * (60 - 10) * 4 * \frac{30}{1000} * \frac{1}{3600}$$

$$Q_W = 7.678 kWh/dan$$

Nakon toga računa se mjesečno toplinsko opterećenje sunčevog sustava koji se odnosi na energiju potrebu za pripremu PTV-a, a računa se kao umnožak potrebne topline i broja dana u mjesecu te je iznos za svaki mjesec dan u tablici.

$$Q_{W,sol,us,m} = Q_W * t_m, [kWh]$$

Za proračun isporučene sunčeve energije još su nam potrebni podaci o faktorima X i Y čiji izraz glase:

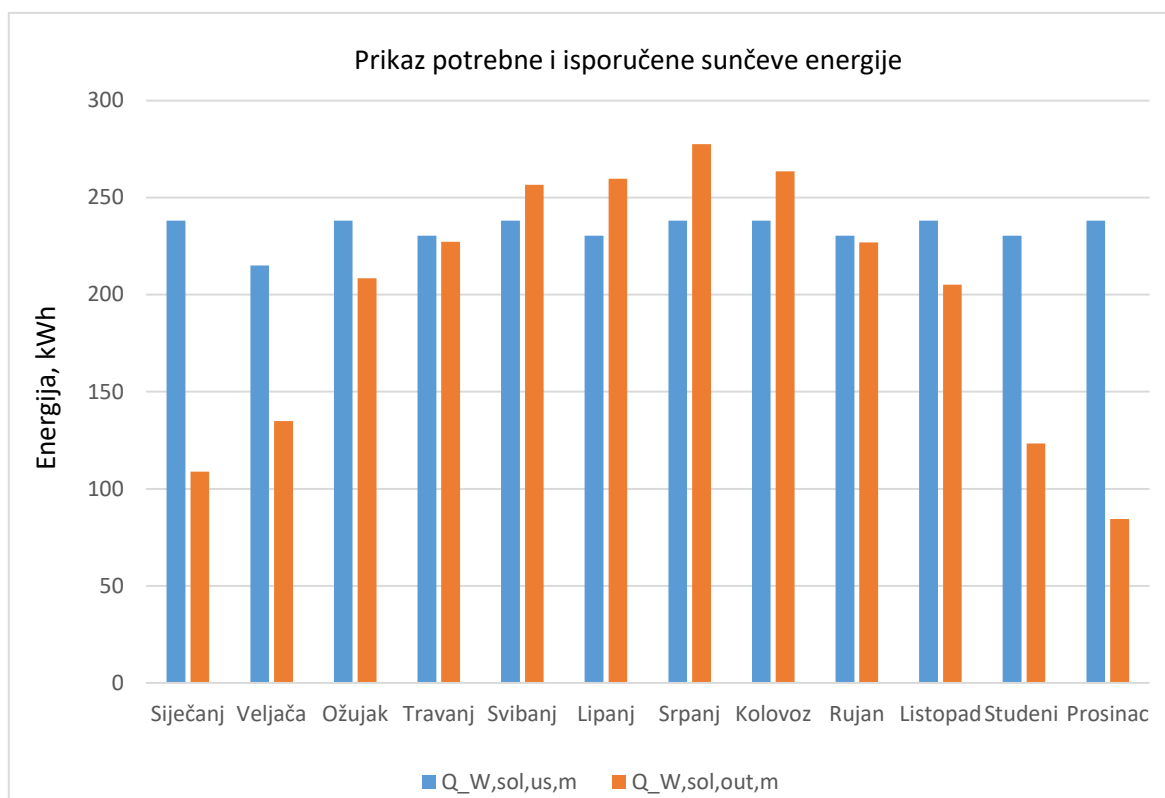
$$X_W = A_W * U_{loop} * \eta_{loop} * \Delta T * f_{st} * t_m * \frac{1}{Q_{W,sol,us,m} * 1000}$$

$$Y_W = A_W * IAM * \eta_0 * \eta_{loop} * I_m * t_m * \frac{1}{Q_{W,sol,us,m} * 1000}$$

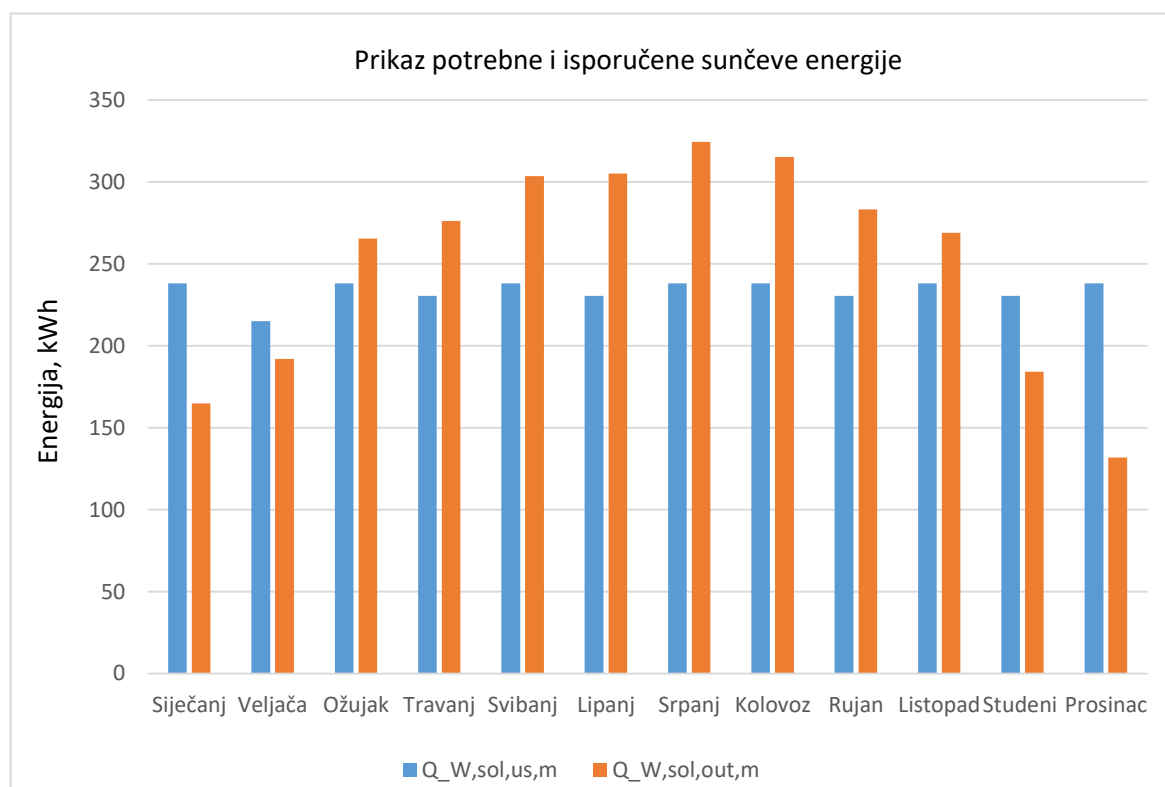
Tablični proračun je dan u tablici.

Mjesec	Broj dana	Broj sati	Srednja mjesečna temp.	Q_W,sol,us,m	θ_ref	ΔT	X_W	I_m	Y_W	Q_W,sol,out,m
-	dan	h	°C	kWh	°C	K	-	W/m2	-	kWh
Siječanj	31	744	7.1	238.02	111.63	104.53	2.64	72.89	0.72	110.17
Veljača	28	672	7.5	214.98	111.1	103.6	2.61	98.96	0.97	135.4
Ožujak	31	744	10.4	238.02	107.27	96.87	2.44	144.09	1.41	208.55
Travanj	30	720	13.8	230.34	102.78	88.98	2.25	167.59	1.65	228.1
Svibanj	31	744	19	238.02	95.92	76.92	1.94	187.87	1.84	256.7
Lipanj	30	720	23	230.34	90.64	67.64	1.71	198.83	1.95	259.93
Srpanj	31	744	25.7	238.02	87.08	61.38	1.55	208.52	2.05	278.16
Kolovoz	31	744	25.3	238.02	87.6	62.3	1.57	190.06	1.87	264.31
Rujan	30	720	20.4	230.34	94.07	73.67	1.86	161.65	1.59	227.69
Listopad	31	744	16.4	238.02	99.35	82.95	2.09	136.76	1.34	205.34
Studen	30	720	11.9	230.34	105.29	93.39	2.36	82.02	0.81	124.57
Prosinac	31	744	8.1	238.02	110.31	102.21	2.58	58.33	0.57	84.54

Tablica 6.2 Proračun isporučene sunčeve energije za zagrijavanje PTV-a za površinu kolektora 4.64 m²



Slika 6.4 Isporučena (narančasto) i potrebna (plavo) energija za zagrijavanje PTV-a za površinu kolektora 4.64 m²



Slika 6.5 Prikaz za površinu kolektora 9.28 m²



Slika 6.6 Vitosol 200-FM

Iz dijagrama se da vidjeti da će nam potrebe za zagrijavanjem potrošne tople vode biti zadovoljene praktički od travnja do rujna, dok će nam u ostalim mjesecima zagrijavanje potrošne tople vode raditi sama dizalica topline. U dijagramu na slici 6.4. imamo prikaz u kojem se vidi očigledno pregrijavanje vode zbog prevelike apsorberske površine, pa nam je jasno zašto je proizvođač limitirao površinu kolektora a ugradnju na 5 m².

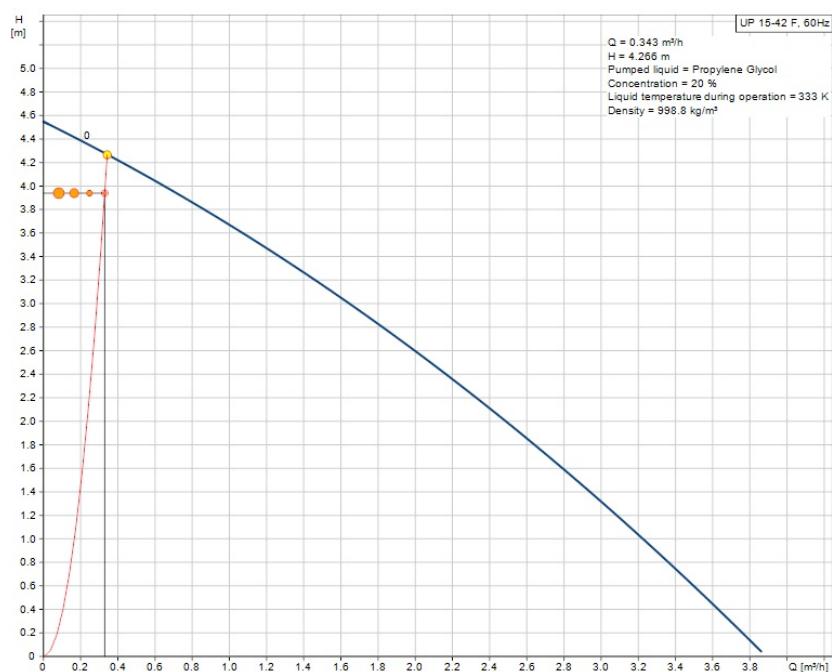
6.4. Dimenzioniranje cijevnog razvoda solarnog kruga i odabir cirkulacijske pumpe

Postupak dimenzioniranja cijevi solarnog kruga ima isti postupak proračuna kao i u prethodnim poglavljima uz jednu razliku, a to je da se kao medij koristi 20%-tna smjesa propilen glikola i vode. Cjevovod se proteže od izmjenjivača unutar dizalice topline do apsobera na krovu, a minimalni protok koji se mora osigurati kroz solarni izmjenjivač je 324.8 l/h. Postupak je dan u tablici.

Dionica	Duljina	Protok	Nazivni promjer	Unutarnji promjer	Brzina	R	R*L	Σζ	Z	R*L+Z
-	m	l/h	DN	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	0.3	350	DN25	27.2	0.17	32.9	10	3	39.4	49.4
2	26.91	324.8	DN20	21.25	0.25	87.56	2356.2	6	190.4	2546.6
						Pad tlaka u apsorberu				37000
						Ukupno				39546.6

Tablica 6.3 Dimenzioniranje cijevnog razvoda solarnog kruga

Pad tlaka u apsorberu se određuje iz tehničke dokumentacije proizvođača. Visina dobave pumpe je prema proračunu 3.93 m te se uz zadani minimalni protok određuje pumpa proizvođača "Grundfos" UP 15-42.



Slika 6.7 Radna karakteristika UP 15-42F



Slika 6.8 "Grundfos" UP 15-42F

6.5. Dimenzioniranje membranske ekspanzijske posude solarnog kruga

Volumen ekspanzijske posude solarnog kruga se dimenzionira prema sljedećem izrazu:

$$V_{n,min} = (\Delta V + V_D + V_V) \frac{p_e + 1}{p_e - p_o}, [l]$$

Gdje su:

ΔV – promjena volumena vode zbog promjene temperature, [l]

V_D – preuzimanje sadržaja pare iz kolektora (jednako volumenu u apsorberima), [l]

V_V – volumen zalihe, [l]

$$\Delta V = V_{UK} * \frac{n}{100}$$

Element	Volumen, [l]
Dizalica topline	7.2
Cijevi	10.9
Apsorberi	3.7
Ukupno	21.7

Tablica 6.4 Volumen smjese u instalaciji

$$\Delta V = 21.7 * \frac{5.15}{100} = 1.12 \text{ l}$$

Za sustave gdje je ΔV manji od 15 l za volumen zalihe se uzima veća vrijednost između 2 l i 20% volumena smjese u instalaciji.

$$V_V = 0.2 * V_{UK} = 0.2 * 21.7 = 4.3 \text{ l} > V_{v,min} = 2 \text{ l}$$

$$V_{n,min} = (1.14 + 3.66 + 4.3) * \frac{9.5 + 1}{9.5 - 1.5} = 11.9 \text{ l}$$

Odabran je ekspanzijska posuda proizvođača "Reflex" S12 volumena 12 litara.



Slika 6.9 Membranska ekspanzijska posuda S12

7. DIMENZIONIRANJE ZRAČNOG SUSTAVA

Kako je prethodno rečeno, zračni sustav u ovom radu ima ulogu dovoda svježeg zraka u prostor u svrhu razrjeđivanja zagađivača i održavanja odgovarajuće kvalitete zraka. Sustav će imati jednu centralnu kompaktnu ventilacijsku jedinicu koja će pripremati i dovoditi zrak u prostorije preko okruglih ventilacijskih kanala.

7.1. Ventilacijski zahtjev

Disanjem ljudi okolnom zraku smanjuju koncentraciju kisika dok će povećavati koncentraciju ugljikovog dioksida. Kako se ovdje radi o stambenoj, obiteljskoj kući upravo će se ti ljudi ponašati kao najveći "zagađivači" zraka u prostoriji. Zato će se potrebna količina dobavnog zraka odrediti iz emisije CO₂ ljudi u prostoriji.

$$\dot{V}_o = n * \varphi * \dot{V}_{CO_2,p} * \frac{3600}{1000}, [m^3/h]$$

Veličine u jednadžbi su:

\dot{V}_o – protočni volumen vanjskog zraka, [m³/h]

n – broj osoba u prostoriji, [-]

φ – faktor istovremenosti, [-]

$\dot{V}_{CO_2,p}$ – protočni volumen CO₂ po osobi, [l/s]

U obiteljskoj kući, u ovom radu, očekivani broj ljudi koji će stanovati je četiri, a kako ne mogu sve osobe u svakom trenutku biti u svakoj prostoriji u jednadžbu se dodaje faktor istovremenosti i time se osiguravamo od pretjeranog prekapacitiranja ventilacijskog sustava. Potrebni volumen za svaku prostoriju je dan u tablici, a pri proračunu je korištena gornja jednadžba.

Prostorija	$\dot{V}_{CO_2,p}$	φ	n	\dot{V}_o	Odabrani protok
Spavaća soba (Pr)	7.7	0.6	2	33.26	35
Kupaonica (Pr)	7.7	0.6	1	16.63	20
Hodnik (Pr)	7.7	0.6	1	16.63	20
Dnevni boravak (Pr)	7.7	0.6	4	66.53	70
Hodnik (K)	7.7	0.6	1	16.63	20
Kupaonica (K istok)	7.7	0.6	1	16.63	20
Spavaća soba (K istok)	7.7	0.6	2	33.26	35
Spavaća soba (K jug)	7.7	0.6	2	33.26	35
Spavaća soba (K zapad)	7.7	0.6	1	16.63	20
Kupaonica (K zapad)	7.7	0.6	1	16.63	20
				Σ	235

Tablica 7.1 Potreba količina dobavnog zraka

Na temelju izračunatih podataka, i uz preporuku proizvođača "Viessmann" kao ventilacijska jedinica se odabire uređaj Vitovent 300-F koja se preporučuje za niskoenergetske kuće koje koriste dizalicu topline Vitocal 242-G. Vitovent 300-F se koristi do protoka 280 m³/h, u sebi ima integrirana dva ventilatora (tlak i odsis), rekuperativni sustav povrata topline, električni predgrijač kao zaštitu protiv zamrzavanja te dodatni izmjenjivač topline voda/zrak koji se spaja na krug grijanja/hlađenja te se koristi onda kada je zrak potrebno, u režimu grijanja dogrijati na unutarnju projektnu temperaturu, a u sezoni hlađenja ohladiti.



Slika 7.1 Vitovent 300-F

Veličina	Vrijednost	Jedinica
Protok	280	m ³ /h
Duljina	680	mm
Širina	600	mm
Visina	1486	mm
Stupanj povrata topline	Do 95%	-
Filter	F7	-

Tablica 7.2 Tehničke specifikacije Vitovent 300-F

7.2. Dimenzioniranje ventilacijskih kanala

Ventilacijski kanali se dimenzioniraju prema potrebnom protoku koji se mora distribuirati do prostorija u kojima borave ljudi. Proračun je jako sličan dimenzioniranju cijevi za vodu, a kako se radi o zraku kao mediju dimenzije kanala će biti značajno veće od onih a vodu.

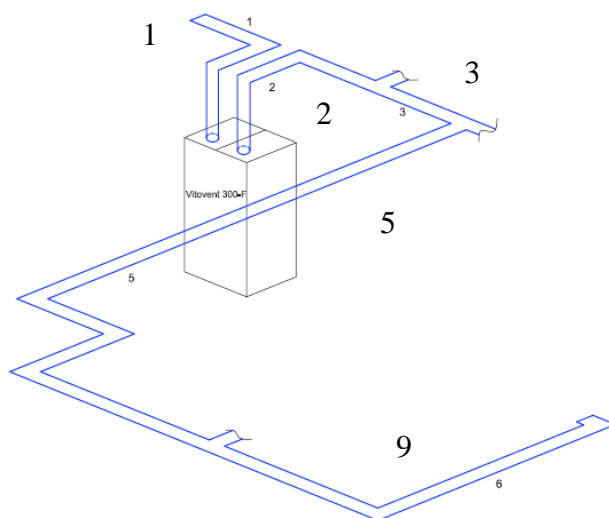
Osim lokalnih i otpora trenja kanalskog razvoda, za dimenzioniranje je bitno i odrediti usisne i istrujne otvore to jest distributere zraka u samim prostorijama. Ti otvori se odabiru prema protoku te su tako odabrani otvori proizvođača "Alnor". Distributeri u prostorijama su tip KNI, usisni otvori u kupaonicama i kuhinji su tipa KW. Usisna rešetka u vanjskom okolišu je tipa USAV, dok će se za ispuh istrošenog zraka koristiti otvor sa rotirajućom kapom.



Slika 7.2 Usisna rešetka USAV i istrujni otvor KNI



Slika 7.3 Rotirajući dimnjak WD-Turbo i Usisni otvor KW



Slika 7.4 Pojednostavljeni izometrijski prikaz kritične dionice ventilacije

Odabrana ventilacijska jedinica ima integriran radijani ventilator za koji je zadan maksimalni vanjski pad tlaka koji može savladati. Zbog toga se u sljedećoj tablici provodi proračun kritične dionice kanalskog razvoda kao provjera hoće li biti zadovoljen taj uvjet.

Dionica	Duljina	Protok	Promjer kanala	Unutarnji promjer	Brzina	R	R*L	$\Sigma \zeta$	Z	R*L+Z
-	m	m ³ /h	mm	mm	m/s	Pa/m	Pa	-	Pa	Pa
1	3.23	235	160	159	3.28	0.9	2.91	1.8	11.62	14.53
2	2.59	235	160	159	3.28	0.9	2.33	1.8	11.62	13.95
3	0.98	180	140	139.1	3.29	1.2	1.18	0.14	0.91	2.09
5	9.7	90	100	99.1	3.25	1.6	15.52	3.35	21.23	36.75
9	5.6	40	80	79.1	2.27	0.9	5.04	3.6	11.13	16.17
						Pad tlaka na usisnom otvoru				50
						Pad tlaka na istrujnom otvoru				18.5
						Ukupno				151.99

Tablica 7.3 Dimenzioniranje ventilacijskih kanala

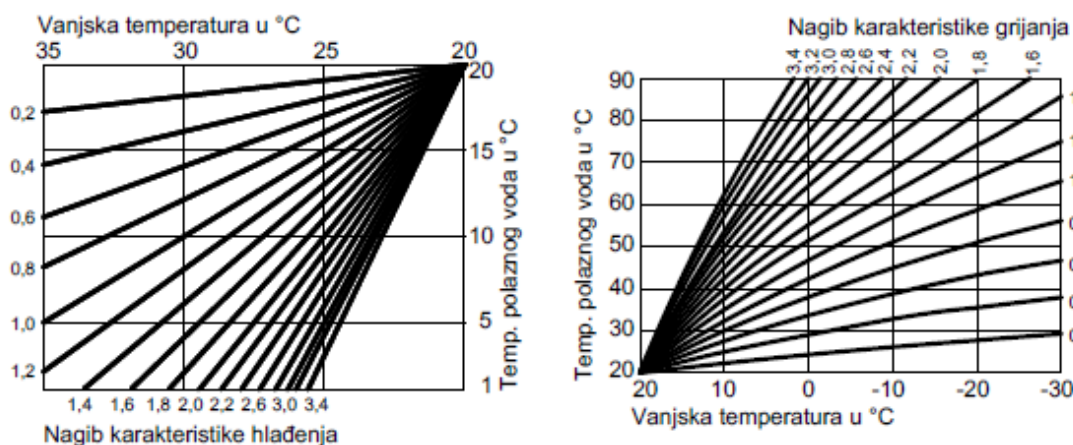
Maksimalni dopušteni vanjski pad tlaka jedinice je ograničen na 170 Pa, a kako se može vidjeti u tablici pad tlaka kritične dionice, koja ide od usisnog otvora do krajnjeg distributera u dnevnom boravku, iznosi 151.99 Pa čime je zadovoljen uvjet maksimalnog pada tlaka.

8. REGULACIJA

Automatska regulacija dio je sustava od izrazite važnosti budući da se upravo optimalnom i pravilnom regulacijom omogućava stabilan rad sustava, ali također određene uštede energije u pogonu.

Glavna upravljačka jedinica sustava je regulator Vitronic 200, tip WO1C proizvođača "Viessmann" koji dolazi u paketu sa dizalicom topline Vitocal 242-G koji održava temperaturu polaza ogrjevnice vode na 35°C , a u režimu hlađenja je drži na 16°C . Glavni regulator je spojen sa upravljačkom jedinicom podnih petlji Rehau Basic, koja mu daje informaciju o trenutnim toplinskim zahtjevima prostorija, te također ima proširenje u obliku solarnog upravljačkog modula tip SM1 koji kontrolira rad solarnog zagrijavanja PTV-a. Time vidimo da je glavni regulator posredno ili neposredno spojen sa svim osjetnicima u sustavu te se na temelju svih tih informacija prilagođava trenutnom toplinskom opterećenju kuće. U reguliranu opremu tako spadaju pumpe primarnog i sekundarnog kruga dizalice topline, pumpa glavnog cijevnog razvoda, ventilator ventilacijske jedinice, troputni miješajući ventil te prolazni ventil u razdjelniku 1.1. Osjetnici koji su direktno spojeni na glavni regulator su osjetnik vanjske temperature, osjetnici temperature polaznog i povratnog voda primarnog kruga dizalice topline, osjetnik temperature u međuspremniku i onaj u ventilacijskoj jedinici. Sigurnosne graničnike imamo u polaznom vodu, koji osigurava da se ne prijeđe maksimalna postavljena temperatura polaza, a onaj na ulazu u ventilacijsku jedinicu zatvara zaklopke u slučaju niskih temperatura vanjskog zraka

Regulacije temperature polaznog voda sekundarnog kruga se vrši preko karakteristika grijanja i hlađenja.



Slika 8.1 Karakteristike grijanja i hlađenja Vitronic 200

U danim dijagramima se jasno vidi kako nam se za zadanu karakteristiku, u režimu grijanja, vanjska temperatura povećava da će se temperatura polaza sekundarnog kruga smanjivati. Analogno, za režim hlađenja, kako nam je temperatura vani povećava tako će se, za zadanu karakteristiku hlađenja, temperatura polaza rashladne vode smanjivati. Bitno je za naglasiti kako su temperaturna ograničenja polaza ogrjevnice i rashladne vode 60°C i 7°C . Temperatura polaznog voda nakon međuspremnika se regulira pomoću troputnog miješajućeg ventila kojim miješanjem polazne i povratne vode postiže temperatura polaza prema trenutnim toplinskim zahtjevima.

Regulacija sobnih temperatura se vrši pomoću PI regulatora Rehau Basic koji je postavljen u razdjelne ormare. Na njega je su spojeni sobni osjetnici i prolazni ventili Rehau DV sa elektrotermičkim pogonom što znači da se na temelju informacije koju daje sobni osjetnik temperature, upravljačka jedinica otvara, odnosno zatvara prolazni ventil s tim da je zbog PI regulacije skraćeno vrijeme između njihove izmjene čime se postiže veća efikasnost u radu. Također, osim osjetnika temperature, u sobe se montiraju i osjetnici vlažnosti. Na temelju informacija o vlažnosti i temperaturi zraka u prostoriji, upravljačka jedinica računa temperaturu točke rose zraka. Ako je razlika temperature rosišta i temperature polaza rashladne vode manja od minimalne dopuštene, to jest 3°C , upravljačka jedinica zatvara ventil petlje te prostorije da bi se spriječila kondenzacija pare iz zraka na hlađenim površinama.



Slika 8.2 Regulator Rehau Basic (lijevo), osjetnik temperature i vlažnosti (sredina) i prolazni ventil Rehau DV (desno)

Radom solarnog sustava upravlja glavna regulacijska jedinica preko proširenog modula SM1. Modul SM1 je diferencijalni temperaturni regulator koji, na temelju informacija koje dobiva od osjetnika temperature u solarnom kolektoru i integriranom spremniku PTV-a u samoj dizalici, pokreće odnosno zaustavlja pumpu solarnog kruga. Ako je razlika temperatura između temperature solarnog osjetnika i temperature u spremniku veća od one koja je prednamještena, upravljačka jedinica će pokrenuti pumpu solarnog kruga te će ona raditi sve dok se ta temperaturna razlika ne smanji ispod postavljene. U vrućim ljetnim mjesecima, kada imamo najveće solarne dobitke, solarni sustav će samostalno pokrivati potrebnu energiju za zagrijavanje potrošne tople vode. U slučaju da je postignuta maksimalna dopuštena temperatura spremnika tople vode, a temperaturna razlika je i dalje veća od dopuštene, regulator će, preko troputnog razdjelnog ventila, medij preusmjeravati na bazenski izmjenjivač te će se viškom energije zagrijavati voda otvorenog bazena.

9. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

U ovom radu dano je rješenje sustava grijanja, hlađenja i ventilacije obiteljske kuće uz solarni sustav kao potpora za zagrijavanje potrošne tople vode. Promatrana kuća se nalazi u okolici grada Šibenika. Kao ogrjevnj medij koristi se voda u niskotemperaturnom režimu 35/30°C, dok se za hlađenje koristi voda u režimu 16/19°C. Dizalica topline tlo-voda Vitocal 242-G proizvođača "Viessmann" se koristi kao izvor odnosno ponor topline. Sama dizalica ima ogrjevnj učin 7.8 kW, a rashladni 6 kW. Kao radna tvar koristi R410A, a u sebi ima integrirane pumpe primarnog i sekundarnog kruga te spremnik za potrošnu toplu vodu volumena 220 l. Budući da se tlo koristi kao toplinski spremnik, 12 takozvanih "Helix" spirala se postavlja u tlo da bi se osigurala odgovarajuća izmjena topline. Cijevne spirale su rješenje tvrtke "Rehau" koja je također i proizvođač samih cijevi, a one su Raueo Pe-X promjera 25 mm debljine stjenke 2.3 mm te ukupne duljine 184 m te se spajaju na razdjelnik Raueo Click. Kroz cijevi struji 20%-tna smjesa etilen glikola i vode, a njeno strujanje je osigurano pomoću pumpe integrirane u dizalicu topline. Primarni krug je opremljen sa membranskom ekspanzijskom posudom volumena 18 l i proizvođača "Reflex". Sekundarni krug dizalice topline, ili međukrug, se proteže od dizalice do međuspremnik ili "buffera". Obuhvaća po jednu cijev polaza i povrata, a strujanje se ostvaruje radom pumpe integrirane u dizalicu topline. Međuspremnik je Vitocell 100-E, volumena 200 l i proizvod je tvrtke "Viessmann", a koristi se zbog stabilnijeg rada sustava. U povratnu cijev se postavlja membranska ekspanzijska posuda vodenog dijela sustava, rješenje je tvrtke "Reflex", a volumena je 18 l. Glavni cijevni razvod spaja "buffer" sa razdjelnicima. U polazni vod se postavlja cirkulacijska pumpa proizvođača "Grundfos" ALPHA 15-55F te osigurava cirkulaciju vode do razdjelnika i u cijevnim petljama. Kao ogrjevna i rashladna tijela se koriste podne i zidne cijevne petlje. Podne petlje će se koristiti i u režimu grijanja i hlađenja, dok će se zidne petlje, izuzev one postavljene u garaži, koristiti samo za hlađenje. Proizvođač cijevi za podne i zidne panele je opet "Rehau" te se njegov "sustav rešetkaste podloge" koristi za podne petlje, dok se onaj "zidnog hlađenja i grijanja u mokrom načinu ugradnje" koristi za zidne panele. Cijevi se razdvajaju pomoću razdjelnika HKV-D. Ukupni instalirani učin grijanja iznosi 6.08 kW, a hlađenja 3.56 kW. U kupaone se petlje neće stavljati, već će se toplinski gubici pokrivati pomoću električnog kupaonskog radijatora Minorca E proizvođača "Radson".

Solarni sustav se koristi kao potpora za zagrijavanje PTV-a. Sustav se izvodi kao indirektni, a kao medij se koristi 20%-tna smjesa propilen glikola i vode. Strujanje osigurava cirkulacijska crpka UP 15-45F, a proizvod je tvrtke "Grundfos". Solarni kolektori su okrenuti na jug, sa nagibom od 22°, koji je ujedno i nagib kosog krova. Tvrtka "Viessmann" je proizvođač kolektora korištenog u ovom radu, a on je Vitosol 200-FM. Bruto površina jednog kolektora je 2.5 m², a zbog potpunog pokrivanja energije potrebne za zagrijavanje PTV-a na krov su postavljena dva. Solarni dio sustava se oprema i sa svojom membranskom ekspanzijskom posudom. Ona je proizvod tvrtke "Reflex", a volumena je 12 l.

Ventilacija ove kuće se ostvaruje pomoću kompaktne ventilacijske jedinice Vitovent 300-F koja se preporučuje za korištenje zajedno sa dizalicom 242-G kod niskoenergetskih kuća. Vitovent 300-F dolazi sa integriranim rekuperativnim sustavom povrata topline, filarom klase F7 te sa dva radijalna ventilatora, dok je maksimalni protok zraka 280 m³/h. Kanalski razvod je okruglog presjeka, a zrak se dobavlja u sve spavaće sobe, dnevni boravak i hodnike, dok se odsis vrši u kupaonicama i kuhinji. Za otvore u prostorijama se odabiru rješenja proizvođača "Alnor". Usisna rešetka je tip USAV, istrujni otvor je tip KNI, usisni otvor je KW, a za ispuh istrošenog zraka se koristi dimnjak sa rotirajućom kapom WD-Turbo.

10. ZAKLJUČAK

Kako se u ovom radu radi o niskoenergetskoj kući, što znači manje toplinske gubitke od uobičajenih, sustav s dizalicom topline i niskotemperaturnim režimima vode je svakako potrebno razmotriti kao moguće rješenje. Solarni sustav će biti itekako koristan jer se radi o kući u Dalmaciji koja ljeti ima veliku osunčanost te će se potrebna energija za zagrijavanje PTV-a pokrivati od travnja do rujna, a dodatno sa sustavom ventilacije ostvarit će se najviši stupanj ugodnosti boravka u svim prostorijama. Ostaju, dakle, one iste prednosti koje su tokom rada istaknute u odnosu na konvencionalne sustave, no ipak problem investicijskih troškova će se i dalje nametati kao glavni razlog protiv korištenja. Ovakav sustav je samo jedno idejno rješenje, a budući da se nije provela analiza godišnje potrošnje energije ne mogu se, nažalost, dati podaci o tome kolike uštede ostvaruje ovakav sustav u odnosu na konvencionalne te koliko bi bilo vrijeme povrata investicije.

LITERATURA

- [1] I. Balen: Podloge za predavanja iz kolegija Grijanje, FSB Zagreb
- [2] I. Balen: Podloge za predavanja iz kolegija Klimatizacija, FSB Zagreb
- [3] V. Soldo: Podloge za predavanja iz kolegija Hlađenje i dizalice topline, FSB Zagreb
- [4] Skupina autora: Priručnik za grijanje, Energetika marketing, 2005.
- [5] Skupina autora: Osnove primjene dizalica topline, Energetika marketing, 2009.
- [6] A. Galović: Termodinamika II, FSB Zagreb 2013.
- [7] Skupina autora: Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN 13790, FSB Zagreb, 2014.
- [8] Skupina autora: Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama, FSB Zagreb, 2012.
- [9] HRN EN 15316-4-3
- [10] VDI 2078
- [11] Tehnička dokumentacija "Viessmann"
- [12] Tehnička dokumentacija "Rehau"
- [13] Tehnička dokumentacija "Grundfos"
- [14] Tehnička dokumentacija "Reflex"
- [15] Tehnička dokumentacija "Alnor"
- [16] Refrigeration utilities

PRILOZI

- I. Proračun toplinskog opterećenja zimi prema HRN EN 12831
- II. Proračun toplinskog opterećenja ljeti prema VDI 2078
- III. Površinsko grijanje po razdjelniku
- IV. Površinsko hlađenje po razdjelniku
- V. Crteži
- VI. CD-R

Prilog 1. Toplinsko opterećenje zimi prema HRN EN 12831

Oznake:

θ_{int} – unutarnja projektna temperatura

θ_{me} – srednja vanjska temperature

θ_e – vanjska projektna temperature

θ_{ads} – temperature susjednih prostorija na nižoj temperature

e_k – koeficijent ovisan o vremenskim prilikama

f_{g1} – korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature

f_{g2} – faktor smanjenja temperaturne razlike

G_w – korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode

f_{ij} – faktor smanjenja temperaturne razlike (prema susjednim prostorima na nižoj temperaturi)

e_1 – koeficijent zaklonjenosti

ϵ_1 – korekcijski faktor za visinu

U – koeficijent prolaza topline

$U_{eqi,f}$ – ekvivalentni koeficijent prolaza topline prema tlu

H_T – koeficijent transmisijskog gubitka

V_{inf} – protok zraka uslijed infiltracije kroz oplošje zgrade

V_{min} – protok zraka prema minimalnom higijenskom broju izmjena

Prostorija 1 (garaža)							
Površina, m2	20.5		G_w	1		f_ij	0
Volumen, m3	61.705		theta_int, °C	15		n_min, 1/h	0.5
e_k	1		theta_me, °C	15.8		n_50, 1/h	3
f_g1	1.45		theta_e, °C	-5.7		e_1	0.05
f_g2	0.038647343		theta_ads, °C	15		ε_1	1

Pregradni element	Gubici	Površina, m2	P,m	B',m	U, W/m2K	U_equi,f, W/m2K	H_T,i, W/K	FI_T, W	V_inf,1	18.5115	Ukupno
Zid 1	Vanjski okoliš	16.9	0	0	0.29	0	4.901	101.45	V_min	30.8525	711.06
Prozor	Vanjski okoliš	1.8	0	0	0.85	0	1.53	31.67	Fi_V,1	217.14	
Vrata	Vanjski okoliš	5.375	0	0	0.85	0	4.56875	94.57	Transmisija + ventilacija		
Krov 2	Vanjski okoliš	24.36	0	0	0.27	0	6.5772	136.15	FI_1, W	588.06	
Pod	Tlo	20.5	9.9	4.14	0.4444	0.2979	0.342225217	7.08			
							Σ	370.92			

Prostorija 2 (Spavaća soba prizemlje)							
Površina, m2	11.3		G_w	1		f_ij	0.194552529
Volumen, m3	34.02		theta_int, °C	20		n_min, 1/h	0.4
e_k	1		theta_me, °C	15.8		n_50, 1/h	3
f_g1	1.45		theta_e, °C	-5.7		e_2	0.03
f_g2	0.163424125		theta_ads, °C	15		ε_2	1

Ventilacijski zahtjev prema konc. CO2		
V_o,p	7.7	l/s po osobi
broj osoba	2	-
faktor istovremene uporabe	0.6	-
V_o	33.264	m3/h
Odabrano	35	m3/h

Pregradni element	Gubici	Površina, m2	P,m	B',m	U, W/m2K	U_equi,f, W/m2K	H_T,i, W/K	FI_T, W	V_inf,2	6.1236	Ukupno
Zid 1	Vanjski okoliš	16.47	0	0	0.29	0	4.7763	122.75	V_min	13.608	488.6
Vrata	Vanjski okoliš	1.68	0	0	0.85	0	1.428	36.7	Fi_V,2	118.91	
Zid 2	Prostorija na nižoj	10.97	0	0	0.286	0	0.610392996	15.69	Transmisija + ventilacija		
Krov 2	Vanjski okoliš	15.143	0	0	0.27	0	4.08861	105.08	FI_2, W	420.8	
Pod	Tlo	11.3	7.5	3.01	0.4444	0.31485	0.843075193	21.67			
							Σ	301.89			

Prostorija 3 (Kupaonica prizemlje)							
Površina, m2	3.8		G_w	1		f_ij	0.134680135
Volumen, m3	10.336		theta_int, °C	24		n_min, 1/h	1.5
e_k	1		theta_me, °C	15.8		n_50, 1/h	3
f_g1	1.45		theta_e, °C	-5.7		e_3	0.03
f_g2	0.276094276		theta_ads, °C	20		ε_3	1

Ventilacijski zahtjev prema konc. CO2		
V_o,p	7.7	l/s po osobi
broj osoba (očekivano)	1	-
faktor istovremene uporabe	0.6	-
V_o	16.632	m3/h
Odabrano	20	m3/h

Pregradni element	Gubici	Površina, m2	P,m	B',m	U, W/m2K	U_equi,f, W/m2K	H_T,i, W/K	FI_T, W	V_inf,3	1.86048	Ukupno
Zid 1	Vanjski okoliš	6.3	0	0	0.29	0	1.827	54.26	V_min	15.504	321.14
Prozor	Vanjski okoliš	0.72	0	0	0.85	0	0.612	18.18	Fi_V,2	156.56	
Zid 2	Prostorija na nižoj	4.896	0	0	0.286	0	0.188586667	5.6	Transmisija + ventilacija		
Zid 3	Prostorija na nižoj	10.608	0	0	1.0086	0	1.440973576	42.8	FI_3, W	298.34	
Međukatna konstrukcija	Prostorija na nižoj	1.62	0	0	1.1005	0	0.240109091	7.13			
Pod	Tlo	3.8	2.1	3.62	0.4444	0.3057	0.465055131	13.81			
							Σ	141.78			

Prostorija 4 (Hodnik)							
Površina, m2	2.6		G_w	1		f_ij	0.194552529
Volumen, m3	7.072		theta_int, °C	20		n_min, 1/h	0.4
e_k	1		theta_me, °C	15.8		n_50, 1/h	3
f_g1	1.45		theta_e, °C	-5.7		e_4	0
f_g2	0.163424125		theta_ads, °C	15		ε_4	1

Ventilacijski zahtjev prema konc. CO2		
V_o,p	7.7	l/s po osobi
broj osoba (očeki	1	-
faktor istovremen	0.6	-
V_o	16.632	m3/h
Odabrano	20	m3/h

Pregradni element	Gubici	Površina, m2	P,m	B',m	U, W/m2K	U_equi,f, W/m2K	H_T,i, W/K	FI_T, W	Transmisija + ventilacija		
Pod	Tlo	2.6	0	3.82	0.4444	0.3027	0.186496179	4.79	FI_4, W	4.79	20.39
Σ								4.79			

Prostorija 5 (Dnevni boravak)							
Površina, m2	59.907		G_w	1		f_ij	0.194552529
Volumen, m3	162.95		theta_int, °C	20		n_min, 1/h	0.4
e_k	1		theta_me, °C	15.8		n_50, 1/h	3
f_g1	1.45		theta_e, °C	-5.7		e_5	0.05
f_g2	0.163424125		theta_ads, °C	15		ε_5	1

Ventilacijski zahtjev prema konc. CO2		
V_o,p	7.7	l/s po osobi
broj osoba (očeki	4	-
faktor istovremen	0.6	-
V_o	66.528	m3/h
Odabrano	70	m3/h

Pregradni element	Gubici	Površina, m2	P,m	B',m	U, W/m2K	U_equi,f, W/m2K	H_T,i, W/K	FI_T, W	V_inf,5	48.885	T+V+RH
Zid 1	Vanjski okoliš	48.485	0	0	0.29	0	14.06065	361.36	V_min	65.18	2019.49
Vrata	Vanjski okoliš	10.75	0	0	0.85	0	9.1375	234.83	Fi_V,5	569.54	
Prozor	Vanjski okoliš	0.72	0	0	0.85	0	0.612	15.73	Transmisija + ventilacija		
Zid 2	Prostorija na nižoj	8.17	0	0	0.286	0	0.454595331	11.68	FI_5	1300.05	
Vrata	Prostorija na nižoj	1.72	0	0	0.85	0	0.284435798	7.31			
Pod	Tlo	59.907	20.65	5.8	0.4444	0.273	3.875470077	99.6			
Σ								730.51			

Prostorija 6 (Hodnik i stubište)							
Površina, m2	48.24		G_w	1		f_ij	0.194552529
Volumen, m3	45.2		theta_int, °C	20		n_min, 1/h	0.4
e_k	1		theta_me, °C	15.8		n_50, 1/h	3
f_g1	1.45		theta_e, °C	-5.7		e_6	0.03
f_g2	0.163424125		theta_ads, °C	15		ε_6	1

Ventilacijski zahtjev prema konc. CO2		
V_o,p	7.7	l/s po osobi
broj osoba (očeki	1	-
faktor istovremen	0.6	-
V_o	16.632	m3/h
Odabrano	20	m3/h

Pregradni element	Gubici	Površina, m2	P,m	B',m	U, W/m2K	U_equi,f, W/m2K	H_T,i, W/K	FI_T, W	V_inf,6	8.136	T+V+RH
Zid 1	Vanjski okoliš	8.31	0	0	0.29	0	2.4099	61.93	V_min	18.08	430
Prozor	Vanjski okoliš	0.72	0	0	0.85	0	0.612	15.73	Fi_V,6	157.98	
Krov 1	Vanjski okoliš	15.484	0	0	0.27	0	4.18068	107.44	Transmisija + ventilacija		
Zid 1	Prostorija na nižoj	6.93	0	0	0.29	0	0.390992218	10.05	FI_6	359.38	
Zid 2	Prostorija na nižoj	4.37	0	0	0.286	0	0.243155642	6.25			
Σ								201.4			

Prostorija 7 (Kupaona kat istok)							
Površina, m2	3.7		G_w	1		f_ij	0.134680135
Volumen, m3	10.01		theta_int, °C	24		n_min, 1/h	1.5
e_k	1		theta_me, °C	15.8		n_50, 1/h	3
f_g1	1.45		theta_e, °C	-5.7		e_7	0.03
f_g2	0.276094276		theta_ads, °C	20		ε_7	1

Ventilacijski zahtjev prema konc. CO2		
V_o,p	7.7	l/s po osobi
broj osoba (očeki	1	-
faktor istovremeno	0.6	-
V_o	16.632	m3/h
Odabrano	20	m3/h

Pregradni element	Gubici	Površina, m2	P,m	B',m	U, W/m2K	U_equi,f, W/m2K	H_T,i, W/K	FI_T, W	V_inf,7	1.8018	T+V+RH
Zid 1	Vanjski okoliš	10.9	0	0	0.29	0	3.161	93.88	V_min	15.015	372.83
Prozor	Vanjski okoliš	0.72	0	0	0.85	0	0.612	18.18	Fi_V,7	151.62	
Krov 1	Vanjski okoliš	4.66	0	0	0.27	0	1.2582	37.37	Transmisija + ventilacija		
Zid 1	Prostorija na nižoj	4.83	0	0	0.29	0	0.188646465	5.6	FI_7	350.63	
Zid 3	Prostorija na nižoj	8.06	0	0	1.0086	0	1.094857374	32.52			
Vrata	Prostorija na nižoj	1.505	0	0	0.85	0	0.172289562	5.12			
Međukatna konstrukcija	Prostorija na nižoj	1.44	0	0	1.1005	0	0.213430303	6.34			
								Σ	199.01		

Prostorija 8 (Spavaća soba istok)							
Površina, m2	13.1		G_w	1		f_ij	0.194552529
Volumen, m3	43.64		theta_int, °C	20		n_min, 1/h	0.4
e_k	1		theta_me, °C	15.8		n_50, 1/h	3
f_g1	1.45		theta_e, °C	-5.7		e_8	0.05
f_g2	0.163424125		theta_ads, °C	15		ε_8	1

Ventilacijski zahtjev prema konc. CO2		
V_o,p	7.7	l/s po osobi
broj osoba (očeki	2	-
faktor istovremeno	0.6	-
V_o	33.264	m3/h
Odabrano	35	m3/h

Pregradni element	Gubici	Površina, m2	P,m	B',m	U, W/m2K	U_equi,f, W/m2K	H_T,i, W/K	FI_T, W	V_inf,8	13.092	T+V+RH
Zid 1	Vanjski okoliš	19.05	0	0	0.29	0	5.5245	141.98	V_min	17.456	565.6
Prozor	Vanjski okoliš	0.54	0	0	0.85	0	0.459	11.8	Fi_V,8	152.53	
Vrata	Vanjski okoliš	3.44	0	0	0.85	0	2.924	75.15	Transmisija + ventilacija		
Krov 1	Vanjski okoliš	15.21	0	0	0.27	0	4.1067	105.54	FI_8	487	
								Σ	334.47		

Prostorija 9 (Spavaća soba jug)							
Površina, m2	11.2		G_w	1		f_ij	0.194552529
Volumen, m3	37.16		theta_int, °C	20		n_min, 1/h	0.4
e_k	1		theta_me, °C	15.8		n_50, 1/h	3
f_g1	1.45		theta_e, °C	-5.7		e_9	0.03
f_g2	0.163424125		theta_ads, °C	15		ε_9	1

Ventilacijski zahtjev prema konc. CO2		
V_o,p	7.7	l/s po osobi
broj osoba (očeki	2	-
faktor istovremeno	0.6	-
V_o	33.264	m3/h
Odabrano	35	m3/h

Pregradni element	Gubici	Površina, m2	P,m	B',m	U, W/m2K	U_equi,f, W/m2K	H_T,i, W/K	FI_T, W	V_inf,9	6.6888	T+V+RH
Zid 1	Vanjski okoliš	8.391	0	0	0.29	0	2.43339	62.54	V_min	14.864	388.05
Prozor	Vanjski okoliš	1.68	0	0	0.85	0	1.428	36.7	Fi_V,9	129.88	
Krov 1	Vanjski okoliš	13.22	0	0	0.27	0	3.5694	91.73	Transmisija + ventilacija		
								Σ	190.97	FI_9	320.85

Prostorija 10 (Spavaća soba zapad)							
Površina, m2	11.4		G_w	1		f_ij	0.194552529
Volumen, m3	37.77		theta_int, °C	20		n_min, 1/h	0.4
e_k	1		theta_me, °C	15.8		n_50, 1/h	3
f_g1	1.45		theta_e, °C	-5.7		e_10	0.05
f_g2	0.163424125		theta_ads, °C	15		ε_10	1

Ventilacijski zahtjev prema konc. CO2		
V_o,p	7.7	l/s po osobi
broj osoba (očeki	1	-
faktor istovrem	0.6	-
V_o	16.632	m3/h
Odabrano	20	m3/h

Pregradni element	Gubici	Površina, m2	P,m	B',m	U, W/m2K	U_equi,f, W/m2K	H_T,i, W/K	FI_T, W	V_inf,10	11.331	T+V+RH
Zid 1	Vanjski okoliš	17.78	0	0	0.29	0	5.1562	132.51	V_min	15.108	497.88
Prozor	Vanjski okoliš	3.12	0	0	0.85	0	2.652	68.16	Fi_V,10	132.01	
Krov 1	Vanjski okoliš	13.95	0	0	0.27	0	3.7665	96.8	Transmisija + ventilacija		
Σ								297.47	FI_10	429.48	

Prostorija 11 (Kupaonica kat zapad)							
Površina, m2	3.6		G_w	1		f_ij	0.134680135
Volumen, m3	11.35		theta_int, °C	24		n_min, 1/h	1.5
e_k	1		theta_me, °C	15.8		n_50, 1/h	3
f_g1	1.45		theta_e, °C	-5.7		e_11	0.03
f_g2	0.276094276		theta_ads, °C	20		ε_11	1

Ventilacijski zahtjev prema konc. CO2		
V_o,p	7.7	l/s po osobi
broj osoba (očeki	1	-
faktor istovrem	0.6	-
V_o	16.632	m3/h
Odabrano	20	m3/h

Pregradni element	Gubici	Površina, m2	P,m	B',m	U, W/m2K	U_equi,f, W/m2K	H_T,i, W/K	FI_T, W	V_inf,11	2.043	T+V+RH
Zid 1	Vanjski okoliš	12.37	0	0	0.29	0	3.5873	106.54	V_min	17.025	399.52
Prozor	Vanjski okoliš	0.72	0	0	0.85	1	0.612	18.18	Fi_V,11	171.92	
Krov 1	Vanjski okoliš	4.72	0	0	0.27	2	1.2744	37.85	Transmisija + ventilacija		
Zid 3	Prostorija na nižoj	10.92	0	0	1.0086	3	1.483355152	44.06	FI_11	399.52	
Vrata	Prostorija na nižoj	1.505	0	0	0.85	4	0.172289562	5.12			
Međukatna konstuk	Prostorija na nižoj	3.6	0	0	1.1005	5	0.533575758	15.85			
Σ								227.6			

Stambeni prostor s noćnim prekidom grijanja			
Pretpostavljeni pad		1	K
Masa zgrade		Mala	
Vrijeme zagrijavanja		2	h
f_RH	6 W/m2		
Prostorija	A_i, m2	Fi_RH,i	
1	20.5	123	W
2	11.3	67.8	W
3	3.8	22.8	W
4	2.6	15.6	W
5	48.24	289.44	W
6	11.77	70.62	W
7	3.7	22.2	W
8	13.1	78.6	W
9	11.2	67.2	W
10	11.4	68.4	W
11	3.6	21.6	W

Prilog 2. Toplinsko opterećenje ljeti prema VDI 2078

Toplinski dobici

K1 Kat 1 P1 Garaža												
Tip prostora	L - lagano			a (m)		20.50						
Orijentacij a	nor. - normalno			b (m)		1.00						
Tip zračenja	ukupno			c (m)		2.96						
Datum T	23. Srpanj			V (m³)		60.68						
				4.30 O (m²)		168.28						
				Ap (m)		20.50						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	19	163	175	182	189
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	-21	-34	-48	-60	-65	-68	-52	-23	17	65	110	150
Zračenje (W)	0	0	0	0	4	7	6	7	8	10	11	12
Infiltracija (W)	-7	-8	-9	-9	-9	-8	-5	-3	0	1	3	4
Ukupno (W)	-28	-42	-57	-69	-70	-69	-51	0	188	251	306	355
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26

Vanj. temp. (°C)	31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	196	201	206	211	213	215	218	220	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	181	200	206	199	178	147	110	74	48	23	9	-6
Zračenje (W)	12	11	10	9	8	10	7	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	5	6	6	6	6	5	3	1	-1	-2	-3	-5
Ukupno (W)	394	418	428	425	405	377	338	295	47	21	6	-11

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 428 (W) u 15 sati.

K1 Kat 1		P2 Spavaća soba											
Tip prostora	L - lagano											a (m)	11.30
Orijentacija	nor. - normalno											b (m)	1.00
Tip zračenja	ukupno											c (m)	2.96
Datum	23. Srpanj											V (m³)	33.45
T												4.30 O (m²)	95.42
												Ap (m)	11.30
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)		0	0	0	0	0	0	0	6	87	92	95	97

Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	9	10
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	-23	-32	-42	-49	-51	-53	-40	-21	7	36	66	92
Zračenje (W)	0	0	0	0	6	33	63	80	73	47	19	9
Infiltracija (W)	-3	-3	-3	-4	-4	-3	-2	-1	0	0	1	2
Ukupno (W)	-26	-35	-45	-53	-49	-23	21	64	176	184	190	210
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)	99	102	102	103	105	106	107	107	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	10	10	10	10	11	11	11	11	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	113	126	133	130	118	99	74	49	29	10	-1	-13

Zračenje (W)	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	2	2	3	3	2	2	1	0	0	-1	-1	-2
Ukupno (W)	231	246	253	250	239	220	194	167	29	9	-2	-15

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 253 (W) u 15 sati.

K1 Kat 1		P3 Kupaona											
Tip prostora	L - lagano											a (m)	3.80
Orijentacij a	nor. - normalno											b (m)	1.00
Tip zračenja	ukupno											c (m)	2.72
Datum	23. Srpanj											V (m³)	10.34
T												4.30 O (m²)	33.71
												Ap (m)	3.80
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
Vanj. temp. (°C)	18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60	
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	6	87	92	95	97	
Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	9	9	
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Transmisija (W)	2	2	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	2	
Zračenje (W)	0	0	0	0	2	10	20	26	23	15	6	3	
Infiltracija (W)	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-2	-1	0	0	1	2	

Ukupno (W)	-1	-2	-4	-5	-3	5	17	30	118	116	112	113
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)	99	102	102	103	105	106	107	107	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	9	10	10	10	10	10	10	11	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	4	5	6	7	8	8	7	7	6	5	5	4
Zračenje (W)	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	2	3	3	3	3	2	2	0	0	-1	-2	-2
Ukupno (W)	116	122	123	124	127	127	126	125	6	4	3	2

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 127 (W) u 17 sati.

K1 Kat 1		P4 Hodnik											
Tip	L - lagano	a (m)						2.60					
prostora													
Orijentacij	nor. - normalno	b (m)						1.00					
a													
Tip	ukupno	c (m)						2.72					
zračenja													
Datum	23. Srpanj	V (m³)						7.07					
T		4.30 O (m²)						24.78					
		Ap (m)						2.60					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	1	16	17	18	18
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zračenje (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno (W)	0	0	0	0	0	0	0	1	16	17	18	18
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	19	20	20	21	21	21	21	22	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zračenje (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno (W)	19	20	20	21	21	21	21	22	0	0	0	0

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 22 (W) u 20 sati.

K1 Kat 1 P5 Dnevni boravak												
Tip prostora	L - lagano			a (m)				60.00				
Orijentacija	nor. - normalno			b (m)				1.00				
Tip zračenja	ukupno			c (m)				2.72				
Datum	23. Srpanj			V (m³)				163.20				
T				4.30 O (m²)				451.84				
				Ap (m)				60.00				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	26	353	371	381	391
Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	3	46	48	49	51
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	46	220	248	268	282
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	26	13	-5	-19	-31	-33	-26	-15	-5	3	9	18
Zračenje (W)	0	0	0	0	3	15	29	39	45	51	59	68
Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno (W)	26	13	-5	-19	-28	-18	3	99	659	721	766	810
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)	399	409	412	417	422	427	432	432	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	52	53	53	54	55	55	56	56	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	300	310	324	330	340	344	350	354	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	26	38	52	66	76	87	90	88	78	71	62	53
Zračenje (W)	64	48	27	12	6	4	1	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno (W)	841	858	868	879	899	917	929	930	78	71	62	53

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 930 (W) u 20 sati.

K2 Kat 2**P1 Hodnik**

Tip L - lagano
prostora

a (m)

9.00

Orijentacij a	nor. - normalno			b (m)		2.00						
Tip zračenja	ukupno			c (m)		2.55						
Datum	23. Srpanj			V (m³)		45.90						
T				4.30 O (m²)		92.10						
				Ap (m)		18.00						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	1	18	19	19	20
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisij a (W)	-33	-42	-49	-56	-56	-56	-43	-20	9	44	76	105
Zračenje (W)	0	0	0	0	2	2	2	2	3	3	4	4
Infiltracija (W)	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-3	-1	0	1	1	2
Ukupno (W)	-37	-47	-54	-61	-59	-59	-44	-18	30	67	100	131
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	20	21	21	21	22	22	22	22	0	0	0	0

Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	126	139	143	138	122	99	71	44	22	1	-11	-24
Zračenje (W)	4	4	4	3	3	4	3	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	3	3	4	4	3	3	2	0	0	-1	-2	-3
Ukupno (W)	153	167	172	166	150	128	98	66	22	0	-13	-27

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 172 (W) u 15 sati.

K2 Kat 2 P2 Kupaona												
Tip prostora	L - lagano			a (m)				3.70				
Orijentacija	nor. - normalno			b (m)				1.00				
Tip zračenja	ukupno			c (m)				3.34				
Datum	23. Srpanj			V (m³)				12.36				
T				4.30 O (m²)				38.80				
				Ap (m)				3.70				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	6	87	92	95	97
Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	9	9
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	-12	-15	-17	-21	-22	-22	-17	-11	-2	9	19	28
Zračenje (W)	0	0	0	0	3	5	4	4	5	7	7	8
Infiltracija (W)	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-3	-1	0	1	1	2
Ukupno (W)	-16	-20	-22	-26	-24	-22	-16	-2	98	117	131	144
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)	99	102	102	103	105	106	107	107	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	9	10	10	10	10	10	10	11	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	36	40	41	41	37	30	21	14	7	1	-3	-8
Zračenje (W)	8	8	7	6	5	7	5	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	3	3	4	4	3	3	2	0	0	-1	-2	-3

Ukupno 155 163 164 164 160 156 145 132 7 0 -5 -11
(W)

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 164 (W) u 15 sati.

K2 Kat 2 P3 Spavaća soba												
Tip prostora	L - lagano			a (m)		13.10						
Orijentacij a	nor. - normalno			b (m)		1.00						
Tip zračenja	ukupno			c (m)		3.34						
Datum	23. Srpanj			V (m³)		43.75						
T				4.30 O (m²)		120.39						
				Ap (m)		13.10						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	13	176	185	190	195
Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	1	16	17	18	18
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	-33	-44	-57	-67	-70	-65	-48	-21	15	55	90	123
Zračenje (W)	0	0	0	0	1	7	13	19	28	42	58	69
Infiltracija (W)	-4	-4	-5	-5	-5	-4	-3	-1	0	0	1	2
Ukupno (W)	-37	-48	-62	-72	-74	-62	-38	11	235	299	357	407
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)	199	204	205	208	210	213	215	215	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	19	20	20	21	21	21	21	22	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	150	167	176	172	158	134	104	70	43	16	2	-15
Zračenje (W)	66	49	27	12	6	3	1	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	3	3	3	3	3	3	2	0	0	-1	-2	-2
Ukupno (W)	437	443	431	416	398	374	343	307	43	15	0	-17

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 443 (W) u 14 sati.

K2 Kat 2		P4 Spavaća soba											
Tip	L - lagano	a (m)						11.20					
prostora		b (m)						1.00					
Orijentacij	nor. - normalno	b (m)						1.00					
a		b (m)						1.00					
Tip	ukupno	c (m)						3.34					
zračenja		c (m)						3.34					
Datum	23. Srpanj	V (m³)						37.41					
T		4.30 O (m²)						103.90					
		Ap (m)						11.20					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr.		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
temp. (°C)													
Vanj.		18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
temp. (°C)													

Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	13	176	185	190	195
Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	1	16	17	18	18
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	-26	-35	-44	-51	-52	-50	-35	-15	14	45	74	100
Zračenje (W)	0	0	0	0	0	1	1	3	8	19	32	39
Infiltracija (W)	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-2	-1	0	0	1	2
Ukupno (W)	-29	-39	-48	-55	-56	-53	-36	1	214	266	315	354
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)	199	204	205	208	210	213	215	215	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	19	20	20	21	21	21	21	22	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Transmisija (W)	119	133	137	133	121	101	77	50	30	9	-3	-15
Zračenje (W)	37	27	15	6	3	2	1	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	2	3	3	3	3	2	1	0	0	-1	-1	-2
Ukupno (W)	376	387	380	371	358	339	315	287	30	8	-4	-17

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 387 (W) u 14 sati.

K2 Kat 2		P5 Spavaća soba										
Tip prostora	L - lagano	a (m)						11.40				
Orijentacija	nor. - normalno	b (m)						1.00				
Tip zračenja	ukupno	c (m)						3.34				
Datum	23. Srpanj	V (m³)						38.08				
T		4.30 O (m²)						105.63				
		Ap (m)						11.40				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	13	176	185	190	195
Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	1	16	17	18	18
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	-17	-28	-37	-45	-48	-47	-34	-11	18	49	78	106
Zračenje (W)	0	0	0	0	0	1	2	3	8	18	29	35

Infiltracija (W)	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-2	-1	0	0	1	2
Ukupno (W)	-20	-32	-41	-49	-52	-50	-34	5	218	269	316	356
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)	199	204	205	208	210	213	215	215	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	19	20	20	21	21	21	21	22	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	127	140	145	142	129	110	85	60	40	20	9	-4
Zračenje (W)	37	39	42	43	39	25	8	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	2	3	3	3	3	2	1	0	0	-1	-1	-2
Ukupno (W)	384	406	415	417	402	371	330	297	40	19	8	-6

Dnevni maksimum za 23. Srpanj iznosi 417 (W) u 16 sati.

K2 Kat 2 P6 Kupaona

Tip prostora	L - lagano	a (m)	3.60
Orijentacija	nor. - normalno	b (m)	1.00
Tip zračenja	ukupno	c (m)	3.34
Datum	23. Srpanj	V (m³)	12.02
T		4.30 O (m²)	37.93
		Ap (m)	3.60

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	18.30	17.60	16.90	16.30	16.20	17.50	20.10	22.80	25.60	27.70	29.20	30.60
Osobe (W)	0	0	0	0	0	0	0	6	87	92	95	97
Rasvjeta (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	9	9
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	-3	-6	-9	-12	-14	-15	-11	-4	4	14	23	32
Zračenje (W)	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2
Infiltracija (W)	-4	-4	-5	-5	-5	-4	-3	-1	0	0	1	2
Ukupno (W)	-7	-10	-14	-17	-19	-19	-13	2	100	115	130	142
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Unutr. temp. (°C)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Vanj. temp. (°C)	31.60	32.40	32.90	33.00	32.40	31.50	30.00	27.50	24.90	23.20	22.00	20.90
Osobe (W)	99	102	102	103	105	106	107	107	0	0	0	0
Rasvjeta (W)	9	10	10	10	10	10	10	11	0	0	0	0
Strojevi i uređaji (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prolaz materijala kroz prostoriju (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sus. prostorije (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostalo (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transmisija (W)	38	42	44	43	38	32	24	17	12	8	4	1
Zračenje (W)	5	14	27	35	34	22	7	0	0	0	0	0
Infiltracija (W)	3	3	4	4	3	3	2	0	0	-1	-2	-2
Ukupno (W)	154	171	187	195	190	173	150	135	12	7	2	-1

Dnevni maksimum za 23. Sranj iznosi 195 (W) u 16 sati.

Rekapitulacija za objekt

	21. Lipanj	23. Srpanj	24. Kolovoz	22. Rujan
K1 Kat 1 \ P1 Garaža	424	428	424	415
K1 Kat 1 \ P2 Spavaća soba	249	253	249	241
K1 Kat 1 \ P3 Kupaona	121	123	120	118
K1 Kat 1 \ P4 Hodnik	20	20	20	20
K1 Kat 1 \ P5 Dnevni boravak	848	868	866	849
K2 Kat 2 \ P1 Hodnik	169	172	169	164
K2 Kat 2 \ P2 Kupaona	161	164	160	155
K2 Kat 2 \ P3 Spavaća soba	420	431	436	435
K2 Kat 2 \ P4 Spavaća soba	374	380	383	381
K2 Kat 2 \ P5 Spavaća soba	409	415	416	411
K2 Kat 2 \ P6 Kupaona	184	187	186	181
Sat	15	15	15	15
Ukupno (W)	3379	3441	3429	3370

Prilog 3. Površinsko grijanje po razdjelniku

Površinsko grijanje po razdjelnicima

G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Kat 1 (1.1)						
REHAU-razdjeljivač s mjerачem protoka HKV-D 05 (1.1).1						
	Temperatura polazne vode:		35.0 (°C)			
	Temperatura povratne vode:		30.0 (°C)			
	Broj priključaka:		5			
	Ukupna površina petlji:		74.9 (m²)			
	Duljina cijevi:		280.0 (m)			
	Instalirani učin		3499 (W)			
	Uk. instalirani učin		3835 (W)			
	Maseni protok:		11.05 (l/min)			
	Maksimalni pad tlaka sustava:		152.5 (mbar)			
P	l	w	Δt	Maseni	Δp	Poz.
	(m)	(m/s)	(°C)	protok:	(mbar)	vent.
				(l/min)		
Kat 1 \ P1 Garaža						
Zidno						
10	40.0	0.25	5.0	2.00	38.0	0.50
Kat 1 \ P2 Spavaća soba						
Podno						
11	56.5	0.14	5.0	1.68	15.0	0.25
Kat 1 \ P4 Hodnik						
Podno						
12	8.6	0.04	5.0	0.31	0.0	2.50
Kat 1 \ P5 Dnevni boravak						
Podno						
13	89.1	0.27	5.0	3.23	73.0	2.50
14	85.8	0.32	5.0	3.82	94.0	2.50

G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Kat 2 (2.1)						
REHAU-razdjeljivač s mjerачem protoka HKV-D 05 (2.1).1						
	Temperatura polazne vode:		35.0 (°C)			
	Temperatura povratne vode:		30.0 (°C)			
	Broj priključaka:		5			
	Ukupna površina petlji:		46.3 (m²)			
	Duljina cijevi:		322.7 (m)			
	Instalirani učin		2581 (W)			
	Uk. instalirani učin		2873 (W)			
	Maseni protok:		8.28 (l/min)			
	Maksimalni pad tlaka sustava:		167.7 (mbar)			
P	I	w	Δt	Maseni	Δp	Poz.
Kat 2 \ P3						
Spavaća						
soba						
Podno						
15	65.5	0.24	5.0	1.89	57.0	0.25
Zidno						
8	34.3	0.39	5.0	1.17	130.0	0.50
Kat 2 \ P4						
Spavaća						
soba						
Podno						
16	112.0	0.27	5.0	2.13	119.0	1.00
Kat 2 \ P5						
Spavaća						
soba						
Podno						
17	75.2	0.24	5.0	1.88	65.0	0.25
Zidno						
6	35.6	0.40	5.0	1.21	144.0	2.50

Prilog 4. Površinsko hlađenje po razdjelniku

Površinsko hlađenje po razdjelniku

G1-Instalacija grijanja \ Ulaz na Kat 1 (1.1)

REHAU-razdjeljivač s mjerачem protoka HKV-D 05 (1.1).1

Temperatura polazne vode:	16.0 (°C)
Temperatura povratne vode:	18.8 (°C)
Broj priključaka:	5
Ukupna površina petlji:	74.9 (m ²)
Duljina cijevi:	280.0 (m)
Instalirani učin	1921 (W)
Uk. instalirani učin	2348 (W)
Maseni protok:	12.1 (l/min)
Maksimalni pad tlaka sustava:	160.5 (mbar)

P	l (m)	w (m/s)	Δt (°C)	Maseni protok: (l/min)	Δp (mbar)	Poz. vent.
Kat 1 \ P1 Garaža						
Zidno						
10	40.0	0.31	2.0	2.50	62.0	1.00
Kat 1 \ P2 Spavaća soba						
Podno						
11	56.5	0.15	3.0	1.81	11.0	0.25
Kat 1 \ P4 Hodnik						
Podno						
12	8.6	0.04	3.0	0.34	1.0	0.25
Kat 1 \ P5 Dnevni boravak						
Podno						
13	89.1	0.31	3.0	3.68	99.0	2.50
14	85.8	0.31	3.0	3.76	99.0	2.50

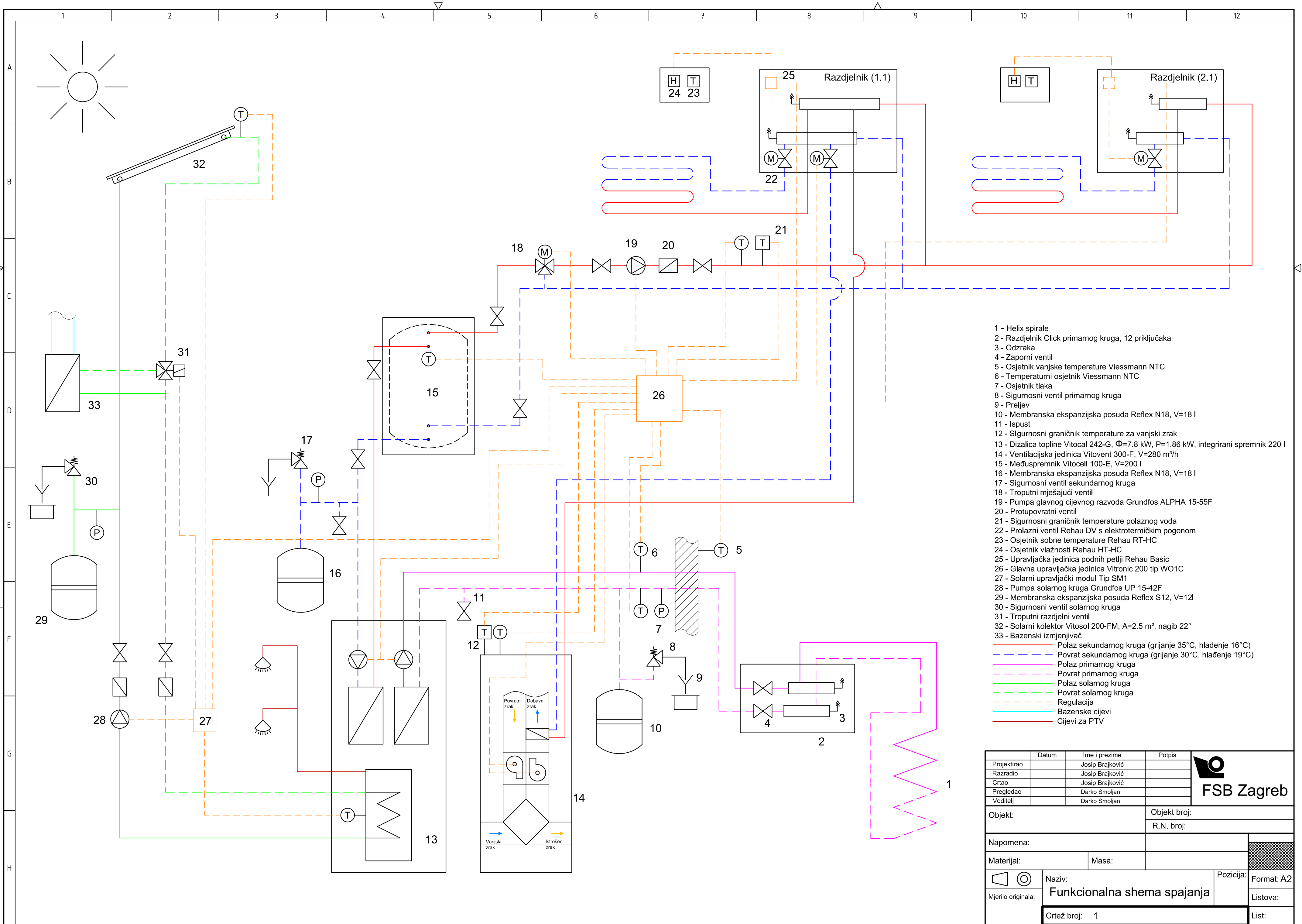
REHAU-razdjeljivač s mjerачem protoka HKV-D 05 (2.1).1

Temperatura polazne vode:	16.0 (°C)
Temperatura povratne vode:	19.0 (°C)
Broj priključaka:	5
Ukupna površina petlji:	46.3 (m ²)
Duljina cijevi:	322.7 (m)
Instalirani učin	1585 (W)
Uk. instalirani učin	1867 (W)
Maseni protok:	9.0 (l/min)
Maksimalni pad tlaka sustava:	204.1 (mbar)

P	I (m)	w (m/s)	Δt (°C)	Maseni protok: (l/min)	Δp (mbar)	Poz. vent.
Kat 2 \ P3 Spavaća soba						
Podno						
15	65.5	0.26	3.0	2.07	73.0	0.25
Zidno						
8	34.3	0.41	3.0	1.25	160.0	0.50
Kat 2 \ P4 Spavaća soba						
Podno						
16	112.0	0.28	3.0	2.26	145.0	1.00
Kat 2 \ P5 Spavaća soba						
Podno						
17	75.2	0.26	3.0	2.08	85.0	0.25
Zidno						
6	35.6	0.43	3.0	1.29	177.0	2.50

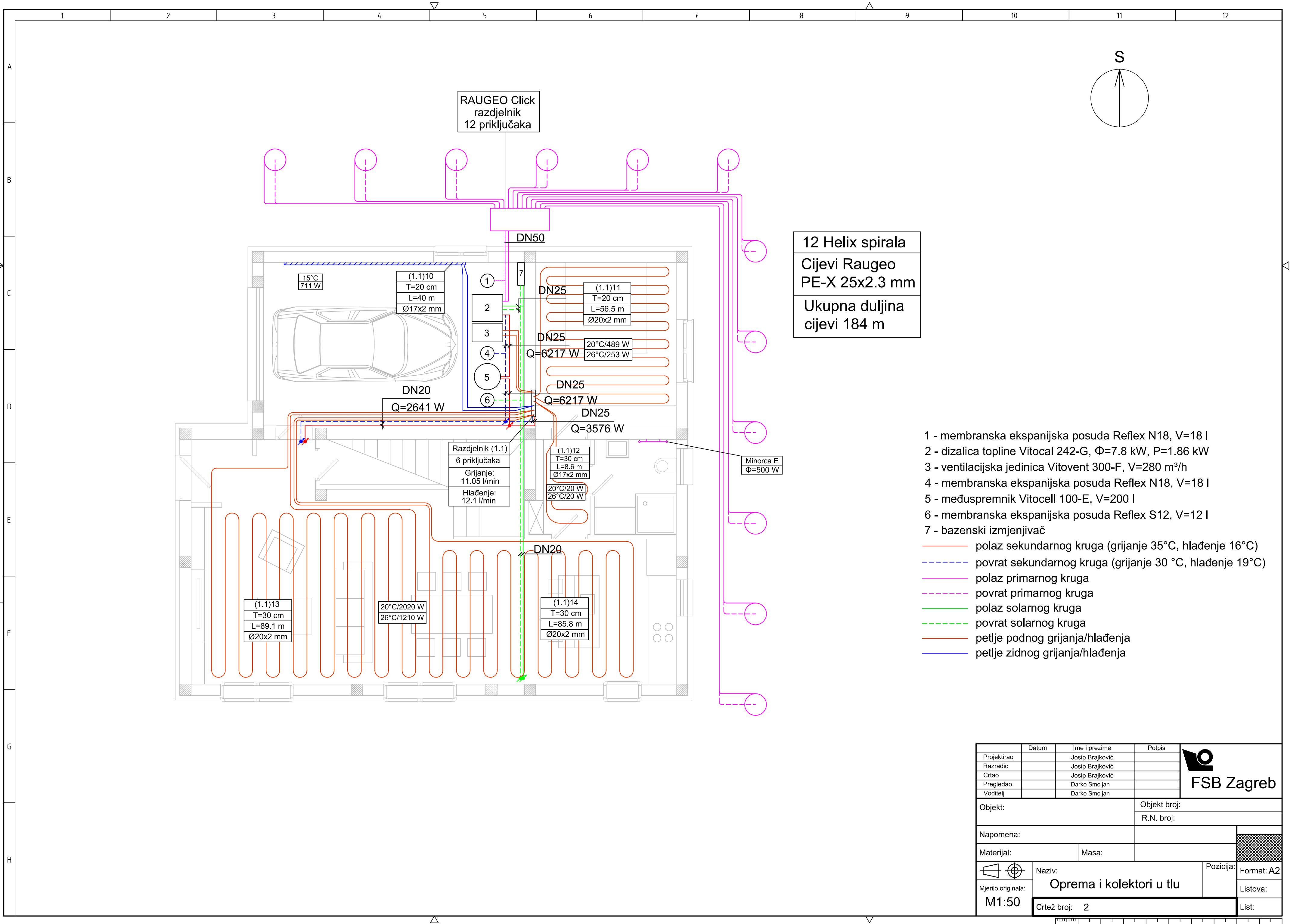
Prilog 5. Crteži

Funkcionalna shema spajanja sustava

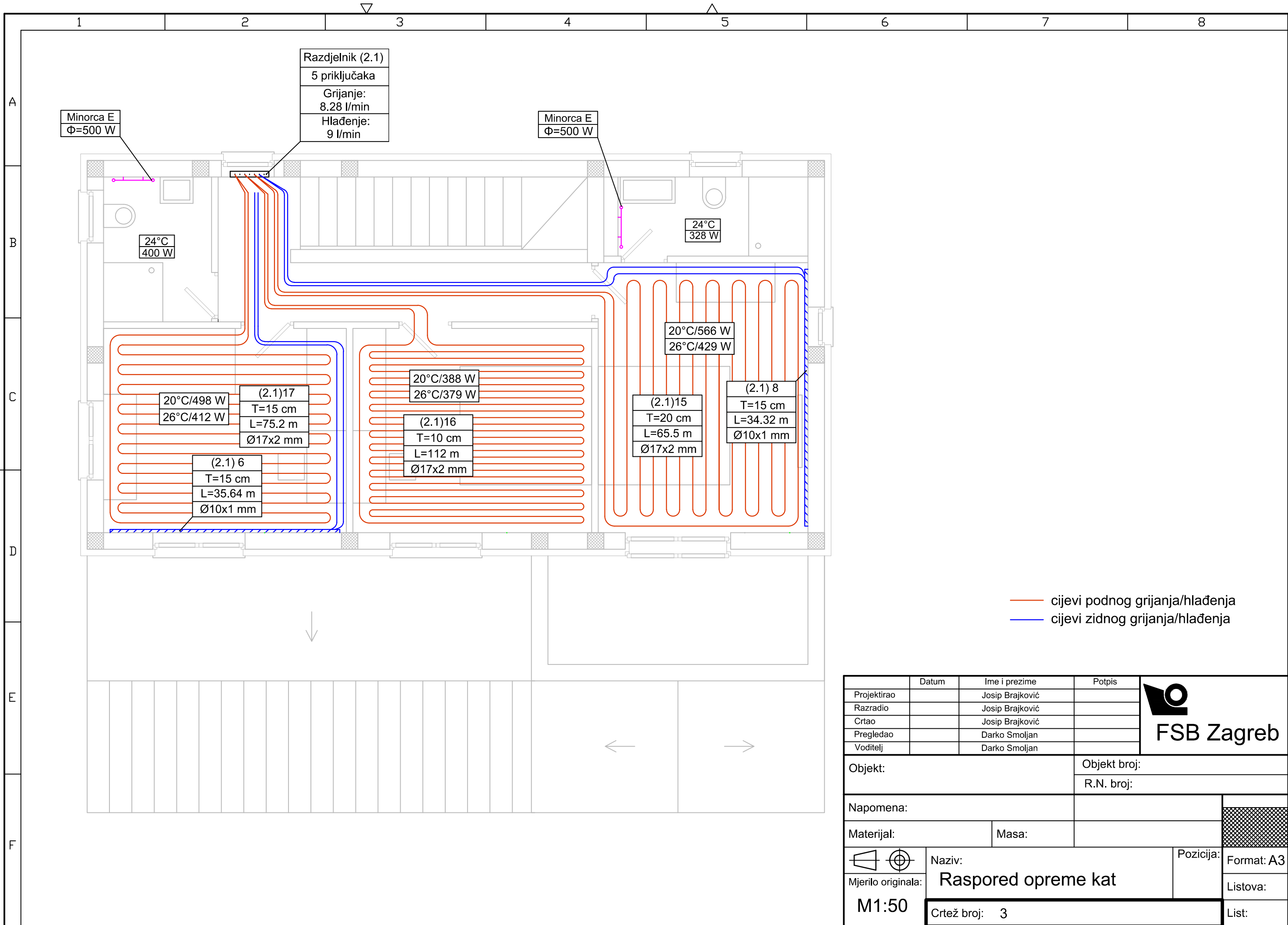


	Datum	Ime i prezime	Potpis	 <div>FSB Zagreb</div>
Projektirao		Josip Brajković		
Razradio		Josip Brajković		
Crtao		Josip Brajković		
Pregledao		Darko Smoljan		
Voditelj		Darko Smoljan		
Objekt:			Objekt broj:	
			R.N. broj:	
Napomena:				
Materijal:		Masa:		
 	Naziv:		Pozicija:	Format: A2
Mjerilo originala:	Funkcionalna shema spajanja			Listova:
	Crtež broj: 1			List:

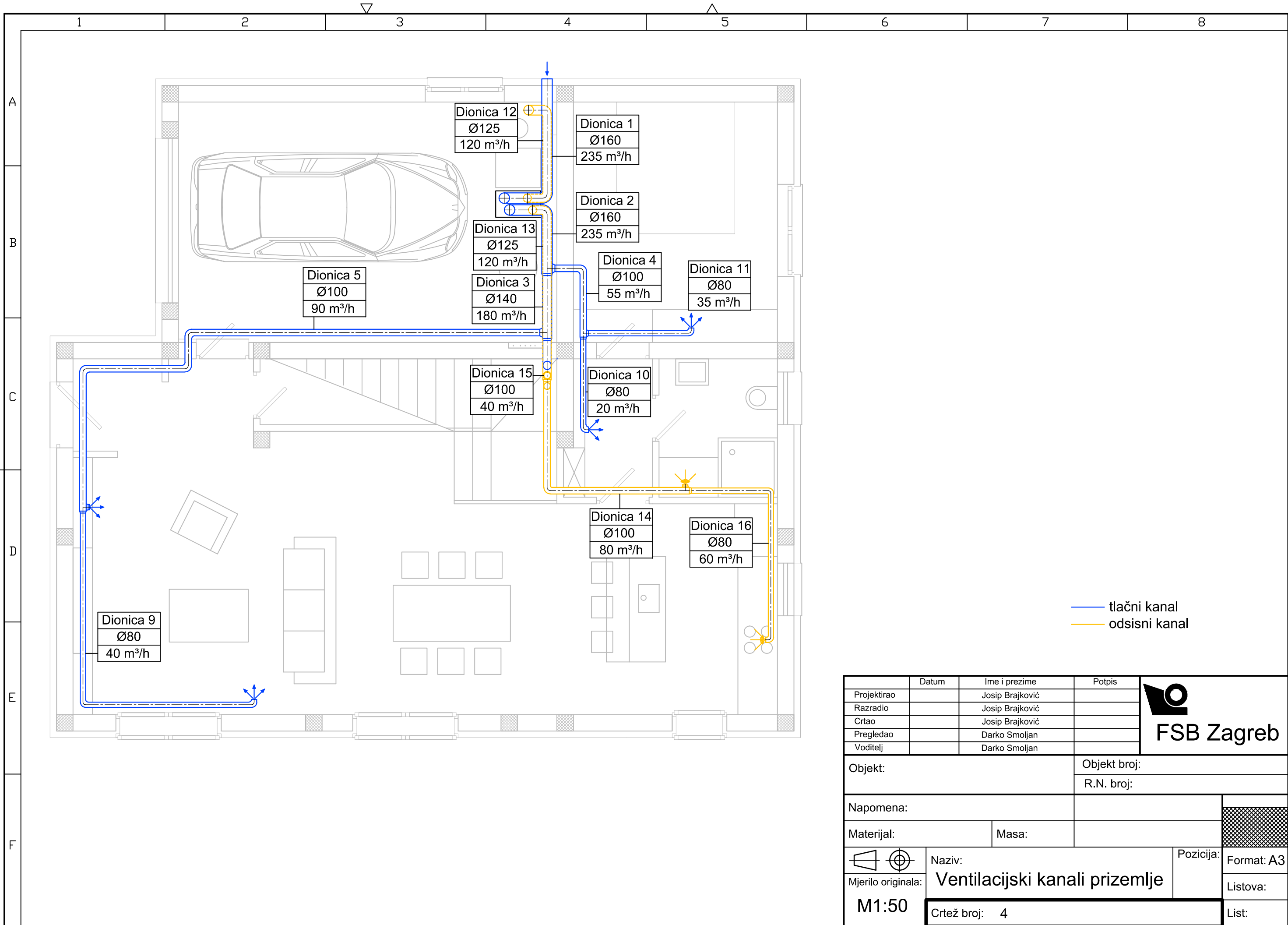
Oprema i kolektori u tlu



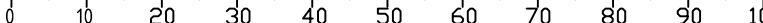
Raspored opreme kat



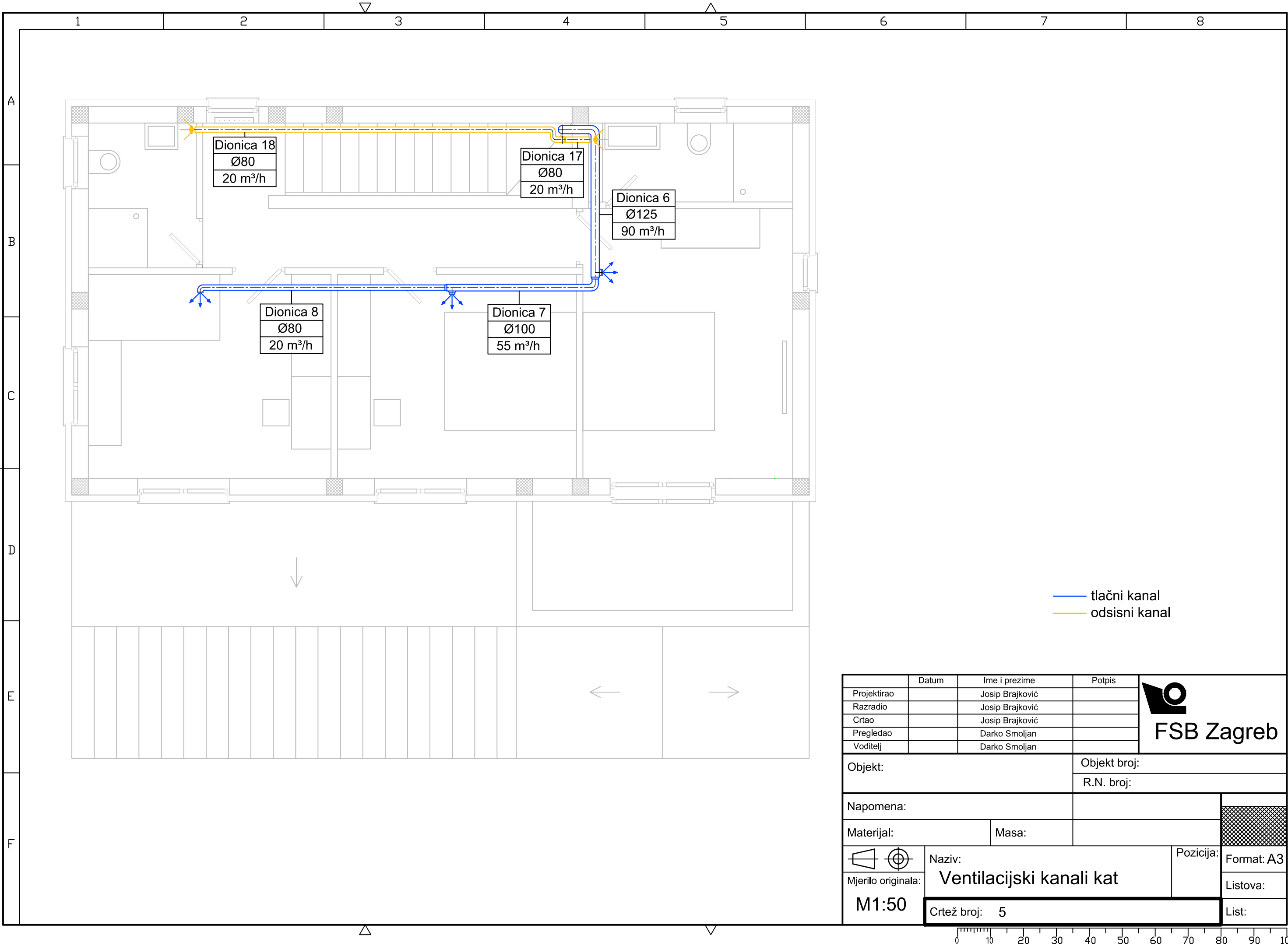
Ventilacijski kanali prizemlje



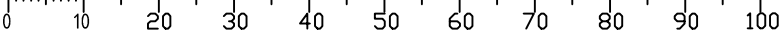
	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao		Josip Brajković		
Razradio		Josip Brajković		
Crtao		Josip Brajković		
Pregledao		Darko Smoljan		
Voditelj		Darko Smoljan		
Objekt:			Objekt broj:	
			R.N. broj:	
Napomena:				
Materijal:		Masa:		
		Naziv:		Pozicija:
Mjerilo originala:		Ventilacijski kanali prizemlje		Format: A3
M1:50		Crtež broj: 4		Listova:
				List:



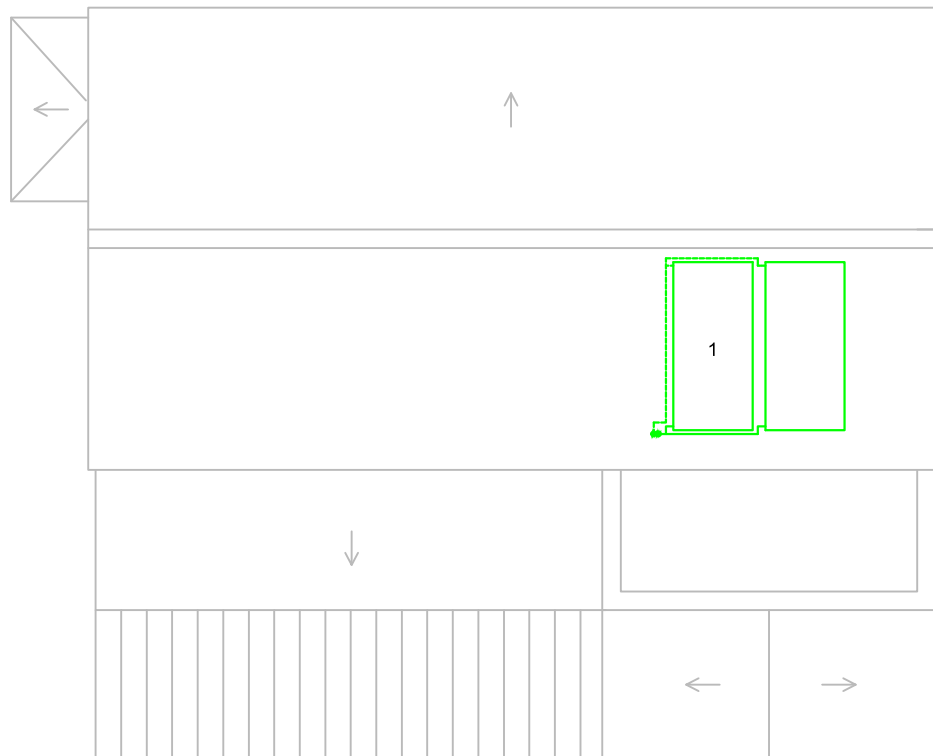
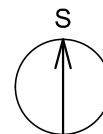
Ventilacijski kanali kat



	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao		Josip Brajković		
Razradio		Josip Brajković		
Crtao		Josip Brajković		
Pregledao		Darko Smoljan		
Voditelj		Darko Smoljan		
Objekt:			Objekt broj:	
			R.N. broj:	
Napomena:				
Materijal:		Masa:		
 	Naziv:		Pozicija:	Format: A3
Mjerilo originala:	Ventilacijski kanali kat			Listova:
M1:50	Crtež broj: 5			List:



Solarni kolektori



1 - Vitosol 200-FM, A=2.5 m²

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao		Josip Brajković		
Razradio		Josip Brajković		
Crtao		Josip Brajković		
Pregledao		Darko Smoljan		
Voditelj		Darko Smoljan		
Objekt:		Objekt broj:		
		R.N. broj:		
Napomena:				
Materijal:		Masa:		
 	Naziv:		Pozicija:	Format: A4
Mjerilo originala:	Solarni kolektori			Listova:
M1:100	Crtež broj: 6			List: